

§ 3. Работа, энергия, мощность. Законы сохранения импульса, энергии

Механическая работа – это процесс передачи движения от одного тела (системы тел) к другому телу (или системе тел). Физическая скалярная величина, являющаяся количественной мерой этого процесса, называется *работой*.

Если материальная точка под действием постоянной силы \vec{F} совершила бесконечно малое перемещение $d\vec{r}$, то элементарная работа этой силы

$$\delta A = F dr \cos \alpha, \quad (3.1)$$

где α – угол между направлениями векторов силы и перемещения.

Формулу (3.1) можно записать в виде скалярного произведения

$$\delta A = (\vec{F}, d\vec{r}).$$

При прямолинейном движении тела под действием постоянной силы \vec{F} модуль вектора перемещения равен пути:

$$|\Delta\vec{r}| = s.$$

В этом случае

$$A = F s \cos \alpha = F_s s,$$

где $F_s = F \cos \alpha$ – проекция силы на направление перемещения.

Физическая величина, характеризующая скорость выполнения работы, называется *мощностью*. *Средней мощностью* называют

физическую скалярную величину, равную отношению работы к интервалу времени, за который она выполнена:

$$\langle N \rangle = \frac{A}{\Delta t} = \frac{Fs \cos \alpha}{\Delta t}.$$

Если сила с течением времени изменяется, то мощность также не остается постоянной. В какой ситуации определяют мгновенную мощность

$$N = \frac{\delta A}{dt} = \vec{F} \frac{d\vec{r}}{dt} = (\vec{F}, \vec{v}). \quad (3.2)$$

Отметим, что по формуле (3.2) можно рассчитать как среднюю, так и мгновенную мощность.

В некоторых задачах на расчет работы и мощности необходимо дополнительно использовать формулы для расчета *коэффициента полезного действия (КПД)*

$$\eta = \frac{A_{\text{п}}}{A_{\text{з}}}, \text{ или } \eta = \frac{N_{\text{п}}}{N_{\text{з}}},$$

где $A_{\text{п}}$ и $A_{\text{з}}$ – соответственно полезная и вся выполненная работа, $N_{\text{п}}$ и $N_{\text{з}}$ – полезная (отдаваемая) и затраченная (подводимая) мощность.

Энергия – это функция состояния физической системы, изменение которой равно работе.

Механическая энергия физической системы представляет собой сумму кинетических энергий всех тел системы и потенциальной энергии их парного взаимодействия:

$$E = E_{\text{к}} + E_{\text{п}}.$$

Кинетическая энергия поступательно движущегося тела – это энергия, которой оно обладает вследствие движения

$$E_{\text{к}} = \frac{mv^2}{2} = \frac{p^2}{2m},$$

где $\vec{p} = m\vec{v}$ – импульс тела.

Потенциальная энергия механической системы определяется взаимным расположением тел (координатами тел) и силами, действующими между ними. Как видно из определения, единой

универсальной формулы, позволяющей определить потенциальную энергию, не существует.

Потенциальная энергия тела, поднятого над поверхностью Земли

$$E_{\text{п}} = mgh ,$$

где m – масса тела; g – ускорение свободного падения; h – высота подъема ($h \ll R$).

Потенциальная энергия тела массой m в гравитационном поле Земли

$$E_{\text{п}} = -\frac{GmM}{R} ,$$

где G – гравитационная постоянная, M – масса Земли, R – расстояние между телом и центром Земли.

Потенциальная энергия упруго деформированного тела

$$E_{\text{п}} = \frac{kx^2}{2} ,$$

где x – модуль вектора упругой деформации тела.

Механическая энергия замкнутой физической системы при наличии только консервативных сил сохраняется:

$$E = E_{\text{к}} + E_{\text{п}} = \text{const} .$$

Консервативными называются такие силы, работа которых не зависит от формы траектории при переходе тела из одного состояния в другое.

В общем случае изменение полной кинетической энергии физической системы равно работе внутренних A_1 и внешних A_2 сил, т. е.

$$\Delta E_{\text{к}} = A_1 + A_2 . \quad (3.3)$$

Соотношение (3.3) называют *теоремой об изменении кинетической энергии*.

Импульс механической системы \vec{p} равен векторной сумме импульсов всех тел, образующих систему,

$$\vec{p} = \sum_{i=1}^n \vec{p}_i = \sum_{i=1}^n m_i \vec{v}_i .$$

Изменение импульса механической системы равно векторной сумме импульсов всех внешних сил, действующих на эту систему в течение интервала времени Δt , т. е.

$$\Delta \vec{p} = \Delta t \sum_{i=1}^n \vec{F}_i.$$

Если $\Delta t \sum_{i=1}^n \vec{F}_i = 0$, то $\vec{p} = \text{const}$. (3.4)

Соотношение (3.4) представляет *аналитическую форму закона сохранения импульса механической системы*. Это соотношение выполняется в следующих случаях:

1. Физическая система замкнутая (внешние силы отсутствуют).
2. Действие внешних сил на физическую систему

скомпенсировано, т. е. $\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = 0$ (система как бы изолирована).

3. Время действия внешних сил мало, а внутренние силы велики по сравнению с внешними ($\Delta t \rightarrow 0$, $F_{\text{внутр}} \gg F_{\text{внешн}}$).

Если условия 1 и 2 выполняются для определенного направления, то сохраняется только проекция импульса системы на это направление.

3.1. Для забивания свай в грунт используют копр массой $m = 500$ кг. Определите силу сопротивления грунта F , считая ее постоянной, если при падении копра с некоторой высоты его скорость перед ударом $v = 15$ м/с, а свая в результате удара погружается в грунт на глубину $h = 2,0$ см. Массу свай не учитывать.

3.2. Вагонетку массой $m = 3$ т поднимают по рельсам в гору, наклон которой к горизонту составляет $\alpha = 30^\circ$. Какую работу совершила сила тяги на пути $s = 50$ м, если известно, что вагонетка двигалась с ускорением $a = 0,2$ м/с²? Коэффициент трения $\mu = 0,1$.

3.3. С высоты 25 м брошен вниз груз массой $m = 0,50$ кг с начальной скоростью $v_0 = 5,0$ м/с. Определите работу сил

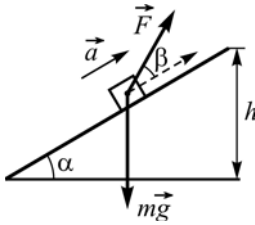


Рис. 3.1

сопротивления воздуха при движении груза, если известно, что перед ударом о землю скорость груза была $v = 15$ м/с.

3.4. Определите работу, которую необходимо совершить пассажиру, чтобы подняться за время t по движущемуся вниз эскалатору метро на высоту h . Скорость эскалатора постоянна и равна v , а угол наклона эскалатора к горизонту α .

3.5. Тело массой $m = 200$ кг поднимают на высоту $h = 1,5$ м по наклонной плоскости с ускорением $a = 1,5$ м/с² (рис. 3.1). Угол наклона плоскости к горизонту $\alpha = 30^\circ$, коэффициент трения скольжения тела о наклонную плоскость $\mu = 0,15$. Определите работу, которую совершает сила F при поднятии этого тела, и его полную механическую энергию в конце подъема, если сила составляет с наклонной плоскостью угол $\beta = 30^\circ$.

3.6. Автомобиль движется вверх по очень небольшому уклону с установившейся скоростью $v_1 = 18$ км/ч. При движении в обратном направлении (под уклон) скорость автомобиля оказывается равной $v_2 = 45$ км/ч. Принимая, что мощность двигателя во всех случаях остается неизменной и при указанных скоростях сила тяги не зависит от скорости, определите скорость движения автомобиля по горизонтальному участку пути.

3.7. Во сколько раз работа против силы тяжести, совершаемая при подъеме самолета, больше работы, затраченной на увеличение скорости самолета, если самолет поднялся на высоту $h = 7,0$ км, достигнув при этом скорости $v = 540$ км/ч?

3.8. Танк массой $m = 30$ т поднимается в гору с углом наклона $\alpha = 30^\circ$ к горизонту. Какую максимальную скорость может развить танк при полезной мощности $N = 0,36$ МВт? Сопротивлением движению пренебречь.

3.9. Сани начинают двигаться по поверхности горы под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту с расстояния $l = 5,4$ м от ее подножия. Пройдя

в горизонтальном направлении путь $s = 29$ м, они останавливаются. Определите коэффициент трения саней о снег.

3.10. Самолет массой $m = 3,0$ т для взлета должен иметь скорость $v = 360$ км/ч и длину разбега $s = 600$ м. Какова должна быть минимальная мощность мотора, необходимая для взлета самолета? Силу сопротивления движению считать пропорциональной силе нормального давления, средний коэффициент сопротивления принять равным $\mu = 0,20$. При разгоне самолет движется равноускоренно.

3.11. Автомобиль массой $m = 1,5$ т движется под гору при выключенном двигателе с постоянной скоростью $v = 15$ м/с. Какую мощность должен развивать двигатель этого автомобиля, чтобы автомобиль двигался с той же скоростью в гору с тем же уклоном, если уклон горы составляет $h = 5,0$ м на каждые $l = 100$ м пути?

3.12. Какую мощность развивает двигатель автомобиля массой $m = 1,5$ т, если известно, что автомобиль движется с постоянной скоростью $v = 36$ км/ч: а) по горизонтальной дороге; б) в гору с уклоном $h = 5,0$ м на каждые $s = 100$ м пути; в) под гору с тем же уклоном? Коэффициент трения $\mu = 7,0 \cdot 10^{-2}$.

3.13. Поезд, отходя от станции, за $t = 5,0$ мин развивает скорость $v = 64,8$ км/ч. Масса поезда $m = 6,0 \cdot 10^5$ кг, коэффициент трения $\mu = 4,0 \cdot 10^{-3}$. Определите среднюю мощность локомотива за время равноускоренного движения.

3.14. Поезд массой $m = 10^6$ кг, идущий по горизонтальному пути со скоростью $v = 36$ км/ч, останавливается через $t = 40$ с от начала торможения. Определите среднюю мощность, развиваемую при торможении.

3.15. По наклонной плоскости с углом наклона к горизонту $\alpha = 45^\circ$ соскальзывает без начальной скорости небольшое тело с высоты h . У основания плоскости оно ударяется о перпендикулярную стенку, после чего поднимается по плоскости на высоту $h_1 = h/2$. Считая удар абсолютно упругим, определите коэффициент трения между телом и плоскостью?

3.16. Доска массой m лежит на гладкой горизонтальной поверхности. По доске со скоростью v_0 начинает скользить шайба массой $m/2$. Из-за трения между шайбой и доской через некоторое время скольжение шайбы по доске прекращается. Какова при этом скорость доски?

3.17. Из орудия массой $M = 5,0$ т вылетает снаряд массой $m = 50$ кг. Кинетическая энергия снаряда при выстреле $E_k = 4,0$ МДж. Определите кинетическую энергию орудия, полученную им вследствие отдачи.

3.18. Конькобежец, стоя на коньках на льду, бросает груз массой $m = 10$ кг под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту. Груз падает на расстоянии $s = 2,2$ м от точки бросания. Какова будет начальная скорость движения конькобежца, если масса его $M = 64$ кг? Перемещением конькобежца во время броска пренебречь.

3.19. Тело массой m бросили вертикально вверх с начальной скоростью $v = 10$ м/с. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определите, на какой высоте h скорость тела уменьшается вдвое.

3.20. Определите изменение потенциальной энергии однородного бруска, ребра которого равны l , $2l$ и $5l$, относительно горизонтальной плоскости в зависимости от его положения на этой плоскости.

3.21. Какую работу необходимо выполнить, чтобы тело в виде однородного куба массой 20 кг и ребром 40 см перевернуть с одной грани на другую?

3.22. Работа, затраченная на толкание ядра, брошенного под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту, равна $A = 300$ Дж. Определите через сколько времени и на каком расстоянии от места бросания ядро упадет на землю, если его масса $m = 2,5$ кг. Сопротивление воздуха не учитывать.

3.23. Из безоткатной пушки, установленной на железнодорожной платформе, вдоль пути производится выстрел под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту. Определите расстояние, на которое откатилась пушка после выстрела, если известно, что начальная скорость снаряда $v_0 = 950$ м/с. Масса платформы с пушкой

$M = 23$ т, масса снаряда $m = 10$ кг, коэффициент трения качения между колесами платформы и рельсами $\mu = 2,0 \cdot 10^{-3}$.

3.24. Тело массой $m = 10$ кг свободно падает с высоты $h = 20$ м из состояния покоя. Чему равна кинетическая энергия в момент удара о землю и в какой точке траектории кинетическая энергия в 3 раза больше потенциальной? Сопротивлением воздуха пренебречь.

3.25. Насколько сожмет пружину гири, брошенная вертикально вниз с высоты $h = 2,0$ м со скоростью $v = 1,0$ м/с? Масса гири $m = 1,0$ кг, коэффициент жесткости пружины $k = 2,94$ кН/м. Сопротивлением воздуха пренебречь.

3.26. Шарик для пинг-понга массой $m = 10$ г удерживают под водой на глубине $H = 0,75$ м. После того как шарик отпустили, он всплывает и выскакивает из воды в воздух на высоту $h = 0,15$ м. Какую работу совершили при этом силы трения, если радиус шарика $r = 2,0$ см?

3.27. По наклонной плоскости, образующей угол 30° с горизонтом, начинает скользить вверх плоская шайба массой $0,15$ кг с начальной скоростью $8,0$ м/с. Определите работу, которую совершают над шайбой силы трения в течение $3,0$ с после начала движения, если коэффициент трения между шайбой и плоскостью равен $0,35$.

3.28. Концы двух пружин одинаковой длины, имеющих коэффициенты жесткости $k_1 = 10$ Н/см и $k_2 = 20$ Н/см, соединены последовательно. Какую работу нужно совершить, чтобы растянуть пружины на $\Delta x = 1,0$ см?

3.29. Какую работу нужно совершить, чтобы растянуть пружины (см. предыдущую задачу), если их концы соединены параллельно?

3.30. Вагон массой 50 т, движущийся со скоростью $2,5$ м/с, в конце запасного пути ударяется о пружинный амортизатор. Определите кинетическую энергию вагона пред столкновением. Чему равно сжатие пружины, если ее коэффициент жесткости $0,60$ МН/м?

3.31. Математический маятник длиной l и массой m приводят в колебательное движение таким образом, что каждый раз при

прохождении положения равновесия на маятник в течение очень короткого интервала времени t действует сила F , направленная параллельно скорости. Через сколько колебаний маятник отклонится на угол $\alpha = 60^\circ$?

3.32. Между двумя телами, движущимися навстречу друг другу, происходит неупругое столкновение. Скорость первого тела до удара $v_1 = 3,0$ м/с, скорость второго – $v_2 = 5,0$ м/с. Во сколько раз кинетическая энергия первого тела была больше кинетической энергии второго тела, если известно, что скорость тел после удара $u = 2,0$ м/с и по направлению совпадает с направлением скорости v_1 ?

3.33. Найдите среднюю силу отдачи при стрельбе из автомата, если известно, что автомат выпускает 500 пуль в минуту, масса каждой пули 5,0 г, ее начальная скорость 500 м/с.

3.34. Тело массой $m_1 = 2,0$ кг движется навстречу другому телу массой $m_2 = 1,5$ кг и неупруго сталкивается с ним. Скорости тел перед столкновением были равны соответственно $v_1 = 1,0$ м/с и $v_2 = 2,0$ м/с. Какое расстояние s пройдут тела после столкновения, если коэффициент трения $\mu = 0,050$?

3.35. Лодка длиной $l = 4,0$ м и массой $m = 110$ кг стоит в спокойной воде. На носу и корме лодки стоят два человека, массы которых $m_1 = 60$ кг и $m_2 = 80$ кг. На сколько сдвинется лодка, если они пройдут по лодке и поменяются местами? Сопротивлением воды пренебречь.

3.36. Снаряд массой m , летящий в горизонтальном направлении со скоростью $v = 10$ м/с, разрывается на два осколка массами m_1 и m_2 ($m_2 = 3m_1$), которые разлетаются под равными углами $\alpha = 60^\circ$ к первоначальному направлению снаряда. Чему равны скорости движения осколков?

3.37. Лодка неподвижна в стоячей воде. Находящийся в лодке человек хочет определить ее массу. Сможет ли он это сделать, если собственная масса ему известна, но ничем, кроме длинной веревки, он не располагает?



Рис. 3.2

3.38. Может ли тело обладать кинетической энергией, не обладая импульсом?

3.39. При помощи закона сохранения импульса объясните процесс сгорания метеорита при его падении в атмосфере.

3.40. Механическая система, представляющая собой два шара массами $m_1 = 1,2$ кг и $m_2 = 1,9$ кг, соединенные жестким стержнем массой $m = 1,0$ кг, поднимается вверх под действием силы $F = 50$ Н (рис. 3.2). Определите силы, действующие на концы стержня и в его середине.

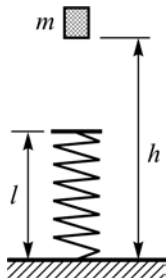


Рис. 3.3

3.41. На столе вертикально стоит невесомая пружина жесткостью k и длиной l . С высоты h от поверхности стола на пружину падает небольшой груз массой m (рис. 3.3). Определите максимальную скорость груза при его движении вниз. Сопротивлением воздуха пренебречь.

3.42. Человек массой 70 кг, бегущий со скоростью 10,8 км/ч, догоняет тележку массой 110 кг, движущуюся со скоростью 7,2 км/ч, и вскакивает на нее. С какой скоростью станет двигаться тележка? С какой скоростью будет двигаться тележка, если человек бежал ей навстречу?

3.43. В результате упругого столкновения с неподвижным телом двигавшееся первоначально со скоростью v тело массой m изменило направление движения на угол 90° . Определите массу первоначально неподвижного тела, если скорость движущегося тела после столкновения стала равной $\frac{3}{4}v$.

3.44. Шар массой m_1 налетает на другой шар массой m_2 , покоящийся на гладкой горизонтальной поверхности. После абсолютно упругого центрального удара шары разлетаются с одинаковыми скоростями. Чему равно отношение масс шаров m_2/m_1 ?

3.45. Тело массой $m_1 = 0,50$ кг движется по гладкой горизонтальной поверхности со скоростью $v_1 = 1,0$ м/с, догоняя второе тело массой $m_2 = 0,20$ кг. Определите скорости, которые будут иметь тела после столкновения в следующих случаях: а) второе тело было неподвижно; б) второе тело двигалось со скоростью $v_2 = 0,70$ м/с в том же направлении, что и первое тело; в) второе тело двигалось со скоростью $0,70$ м/с в направлении, противоположном движению первого тела.

3.46. В шар, подвешенный на легком жестком стержне, попадает пуля и застревает в нем. Масса пули $m = 5,0$ г, а масса шара $M = 0,30$ кг, скорость пули $v = 200$ м/с. При какой предельной длине стержень шара займет при этом горизонтальное положение?

3.47. Баллистический маятник представляет собой деревянный брусок массой M , подвешенный на нити длиной l . Пуля массой m , имеющая скорость v , попадает в брусок и застревает в нем. Определите угол, на который отклонится при этом маятник.

3.48. Три лодки плывут друг за другом со скоростью $v = 3,0$ м/с. Со второй лодки одновременно в первую и в третью перебрасываются грузы массой $m = 15$ кг со скоростью $u = 2,0$ м/с относительно средней лодки. Определите скорости лодок после того, как были переброшены грузы, если масса каждой из лодок $M = 150$ кг.

3.49. На нерастяжимой нити длиной $l = 70$ см подвешен шар массой $M = 1,2$ кг. В шар попадает пуля массой $m = 6,0$ г под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту (рис. 3.4) и застревает в нем. Определите высоту, на которую поднимается шар с пулей относительно положения равновесия, если скорость пули $v = 450$ м/с.

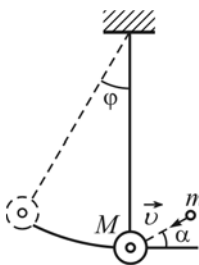


Рис. 3.4

3.50. В центр шара массой m , находящегося на краю стола высотой h , попадает пуля массой m_0 и застревает в нем. Определите скорость шара в момент удара о пол, если пуля летела в горизонтальном направлении со скоростью v_0 ?

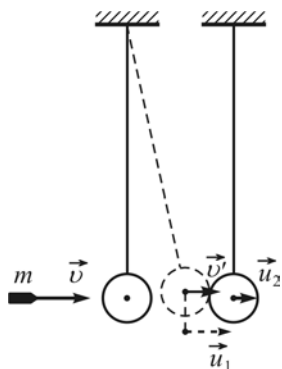


Рис. 3.5

3.51. Пуля массой m , летящая с начальной скоростью v , пробивает один подвешенный груз массы m и застревает во втором подвешенном грузе той же массы (рис. 3.5). Пренебрегая временем взаимодействия пули с грузом, определите количество теплоты Q_1 , выделившееся в первом грузе, если во втором выделилось количество теплоты Q_2 .

3.52. Два шара одинаковой массы покоятся на гладкой горизонтальной поверхности, касаясь друг друга. Третий шар той же массы налетает на них, двигаясь по прямой, касающейся обоих шаров, со скоростью v (рис. 3.6). Определите скорости шаров после столкновения. Все шары имеют одинаковые радиусы, удар считать упругим.

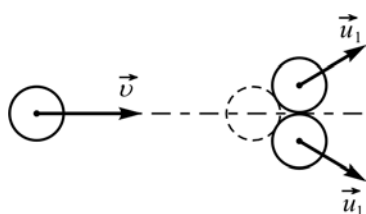


Рис. 3.6

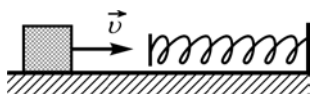


Рис. 3.7

3.53. Тело, движущееся по горизонтальной поверхности с постоянной скоростью $v = 2,0$ м/с, налетает на пружину, второй конец которой закреплен (рис. 3.7). Определите сжатие пружины в момент времени, когда скорость тела составляет $1/3$ его начальной скорости, если масса его $m = 0,20$ кг, а коэффициент жесткости пружины $k = 30$ Н/см.

3.54. Происходит абсолютно упругий удар между шарами с массами m_1 и m_2 . Перед ударом шар массой m_1 имел скорость v_1 и двигался под углом α к траектории второго шара, имевшего скорость v_2 . На какой угол β_1 отклонится первый шар после соударения, если второй шар отклонился на угол β_2 по отношению к первоначальной траектории первого шара, а его скорость стала равной u_2 ?

3.55. Пуля массой m_1 , летящая горизонтально, попадает в груз массой m_2 , подвешенный на нити. В зависимости от начальных условий возможны следующие три варианта движения пули после взаимодействия с грузом: 1) пробив груз, пуля сохраняет некоторую скорость и летит дальше; 2) после удара пуля отскакивает от груза; 3) пуля застревает в грузе. В каком из этих случаев груз отклонится на наибольший угол?

3.56. Два шара подвешены на двух параллельных нитях длиной 1 м, имеют массы $m_1 = 0,30$ кг и $m_2 = 0,60$ кг. Меньший шар отводят на угол $\alpha = 90^\circ$ от первоначального положения и отпускают. Считая удар абсолютно упругим, определите скорости шаров после удара. Какова скорость шаров после столкновения, если удар абсолютно неупругий? Какая часть энергии перейдет во внутреннюю энергию шаров?

3.57. Стальной шарик, падая с высоты $h_1 = 80$ см на гранитную плиту, отскакивает от нее на высоту $h_2 = 65$ см. Определите коэффициент восстановления материала шарика.

3.58. Небольшой пластмассовый шарик, падая с высоты $h = 1,5$ м, несколько раз отскакивает от пола. Определите коэффициент восстановления при ударе шарика о пол, если известно, что с момента падения до второго удара шарика о пол прошел интервал времени $t = 1,6$ с?

3.59. Два упругих шара массами $m_1 = 70$ г и $m_2 = 150$ г подвешены на тонких нитях длиной $l_1 = 80$ см и $l_2 = 50$ см таким образом, что их центры масс находятся на одной высоте и шары соприкасаются (рис. 3.8). Шар меньшей массы отклоняют на угол $\alpha = 45^\circ$ и отпускают. Определите отклонение шаров от вертикали после соударения.

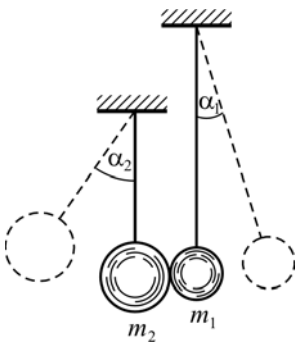


Рис. 3.8

3.60. Два упругих шара равных масс подвешены на невесомых нитях одинаковой длины к одному подвесу. Шары

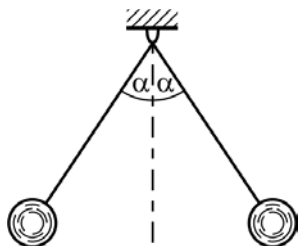


Рис. 3.9

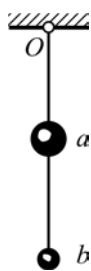
одновременно отклоняют от вертикали на угол α и отпускают (рис. 3.9). Определите силу, действующую на подвес при крайних положениях нитей и в начальный момент удара шаров. Чему равна эта сила в момент наибольшей деформации шаров?

3.61. В центре жесткого невесомого стержня (точка a) закреплен шар массой $m_1 = 1,5$ кг, на конце (точка b) – шар массой $m_2 = 0,50$ кг. Второй конец стержня

шарнирно закреплен в точке O (рис. 3.10). Стержень отклоняют до горизонтального положения и отпускают. Определите силы натяжения стержня на участках oa и ab в момент прохождения им положения равновесия и в момент, когда стержень составляет угол $\alpha = 60^\circ$ с положением равновесия. Трением в шарнире пренебречь.

3.62. На высоте $h = 5,0$ м над землей граната массой $m = 1,0$ кг разорвалась на два осколка. Перед моментом взрыва скорость гранаты была направлена горизонтально и равна $v = 8,0$ м/с. После взрыва один из осколков массой $m_1 = 0,30$ кг полетел вертикально вниз и упал на землю под местом взрыва со скоростью $u_1 = 50$ м/с. Чему равен модуль скорости второго осколка сразу после разрыва?

3.63. Снаряд, выпущенный из орудия под углом α к горизонту со скоростью v , в верхней точке траектории разрывается на две части, массы которых относятся как 1:2. При этом скорости частей непосредственно после взрыва лежат в плоскости траектории и направлены горизонтально. Меньшая часть снаряда упала на расстоянии s_1 от орудия по направлению выстрела. Определите дальность полета s_2 второй части снаряда. Сопротивление воздуха не учитывать.



3.64. Ракета начинает двигаться с поверхности Земли вертикально вверх, выбрасывая с постоянной скоростью $v = 2,5$ км/с за каждый интервал времени $\Delta t = 0,50$ с массу продуктов топлива $m = 700$ кг. Определите

Рис. 3.10

ускорение ракеты в момент старта, если ее начальная масса $M = 120$ т.

3.65. Беспилотный летательный аппарат снабжен реактивным двигателем, который выбрасывает продукты сгорания топлива порциями, масса которых $m = 0,25$ кг. Определите скорость, приобретенную таким аппаратом при горизонтальном полете после отделения двадцатой порции продуктов сгорания, если начальная масса аппарата $M = 500$ кг, начальная скорость его равна нулю, а скорость вылета каждой порции из сопла двигателя $u = 1,0$ км/с. Сопротивлением воздуха пренебречь.

§ 4. Механика твердого тела

Моментом силы относительно точки O называется векторное произведение

$$\vec{M}_O = [\vec{r}, \vec{F}],$$

где \vec{r} – радиус-вектор, проведенный из этой точки к точке приложения силы (рис. 4.1).

Модуль этого векторного произведения

$$M_O = rF \sin \varphi,$$

где φ – угол между силой \vec{F} и радиусом-вектором \vec{r} .

Моментом силы относительно некоторой оси (например, оси OZ) называют проекцию M_Z на данную ось вектора момента этой силы \vec{M} относительно любой точки, лежащей на оси.

Кратчайшее расстояние между осью и линией действия силы называют *плечом силы*

$$d = r \sin \varphi.$$

Модуль момента силы относительно этой оси определяется:

$$M = Fd.$$

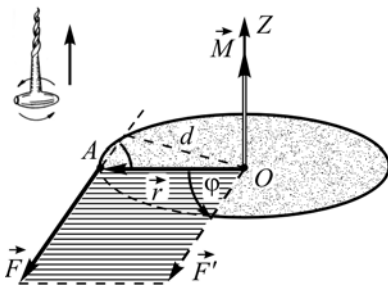


Рис. 4.1