

**РОСЖЕЛДОР**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Ростовский государственный университет путей сообщения»  
(ФГБОУ ВО РГУПС)**

---

**ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ В МЕХАНИКЕ**

Учебно-методическое пособие по физике  
для учащихся лицея РГУПС

Ростов-на-Дону  
2016

УДК 531(07) + 06

Рецензент – доктор физико-математических наук, профессор Б.М. Лагутин

Законы сохранения в механике: учебно-методическое пособие по физике для учащихся лицея РГУПС / Н.Б. Шевченко, Е.Б. Митькина, Я.В. Латоха, В.В. Тимошевская; ФГБОУ ВО РГУПС. – Ростов н/Д, 2016. – 36 с.

В пособии перечислены основные понятия, законы и формулы механики по теме: «Законы сохранения импульса и энергии». Пособие содержит большое количество задач различного уровня сложности для самостоятельного решения.

Предназначено для учащихся 10-х и 11-х классов лицея РГУПС.

Одобрено к изданию кафедрой «Физика».

© Колл. авт., 2016

© ФГБОУ ВО РГУПС, 2016

## ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ИМПУЛЬСА

### Основные понятия, законы и формулы

**Импульсом тела**  $\vec{p}$  называют векторную физическую величину, равную произведению массы  $m$  тела и его скорости  $\vec{v}$ :

$$\vec{p} = m\vec{v} \quad (1)$$

Вектор импульса совпадает по направлению с вектором скорости тела.

**Импульс системы тел** равен векторной сумме импульсов тел, входящих в систему:

$$\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots \quad (2)$$

**Изменение импульса тела (приращение импульса)** равно векторной разности конечного и начального импульсов тела:

$$\Delta\vec{p} = \vec{p}_2 - \vec{p}_1 \quad (3)$$

**Импульсом силы**  $\vec{F} \cdot \Delta t$  называют произведение силы  $\vec{F}$ , действующей на тело, и времени ее действия  $\Delta t$ . Импульс силы равен изменению импульса тела:

$$\vec{F} \cdot \Delta t = \Delta\vec{p}. \quad (4)$$

Система взаимодействующих тел называется **замкнутой** или **изолированной**, если на тела этой системы не действуют внешние силы.

**Закон сохранения импульса:** импульс изолированной системы тел остаётся постоянным при любых взаимодействиях тел системы между собой:

$$\vec{p}_0 = \vec{p}, \quad (5)$$

$\vec{p}_0$  – импульс системы до взаимодействия,  $\vec{p}$  – импульс системы после взаимодействия. Если система не изолирована, но существует направление, в котором внешние силы не действуют, то проекция импульса системы тел на это направление остаётся постоянной.

**Абсолютно неупругим ударом** называют взаимодействие тел, в результате которого тела соединяются и движутся как единое тело.

### Задачи для самостоятельного решения

1 Определите импульс пули массой 10 г, движущейся со скоростью 600 м/с. Как и во сколько раз изменится импульс пули, если ее масса будет в 2,4 раза меньше, а скорость в 1,5 раза больше?

2 Масса первого тела в 1,4 раза меньше массы второго тела, а скорость первого тела в 4,9 раз больше скорости второго. Во сколько раз импульс первого тела больше импульса второго тела?

3 Два автомобиля массами  $m_1 = 1,2$  т и  $m_2 = 1,5$  т движутся со скоростями  $v_1 = 15$  м/с и  $v_2 = 10$  м/с соответственно. Определите модуль импульса первого автомобиля относительно второго  $p_{12}$  и модуль импульса второго автомобиля относительно первого  $p_{21}$ , если автомобили движутся: а) в одном направлении; б) в противоположных направлениях.

4 Тело массой 200 г движется вдоль оси  $Ox$  согласно уравнению  $x = 5 - 2,4t$  (все величины даны в единицах СИ). Определите проекцию импульса тела  $p_x$ .

5 Два тела массами  $m_1 = 100$  г и  $m_2 = 300$  г движутся согласно уравнениям:  $x_1 = 2 - 2,5t$  и  $x_2 = 4 + 5t$ . Все величины даны в единицах СИ. Чему равна проекция  $p_{12x}$  импульса первого тела в системе отсчета, связанной со вторым телом?

6 На рис. 1 представлены графики зависимости координат двух тел, движущихся вдоль оси  $Ox$ . Массы тел равны  $m_1 = 5$  кг и  $m_2 = 2$  кг. Определите проекцию импульса первого тела относительно второго  $p_{12x}$  и модуль импульса второго тела относительно первого  $p_{21x}$ .

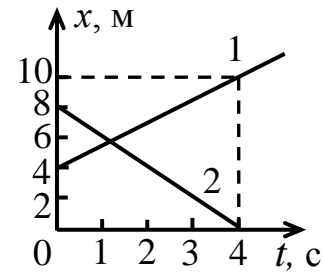


Рис. 1

7 Тело массой 200 г упало на Землю с высоты 5 м. Определите импульс тела в момент падения на Землю, если начальная скорость тела: а) равна нулю; б) направлена вертикально вниз и равна 10 м/с; в) направлена вертикально вверх и равна 10 м/с; г) направлена горизонтально и равна 10 м/с; д) направлена под углом  $60^\circ$  к горизонту и равна 10 м/с. Сопротивлением воздуха пренебречь.

8 С балкона на высоте 20 м на поверхность Земли упал мяч массой 0,2 кг. Из-за сопротивления воздуха скорость мяча у поверхности Земли оказалась на 40% меньше скорости тела, свободно падающего с высоты 20 м. Определите импульс мяча в момент падения на Землю.

9 Тело массой 1 кг, двигаясь прямолинейно, увеличило свою скорость от 1 м/с до 10 м/с. Найдите изменение импульса этого тела.

10 Автомобиль массой 1,3 т, двигаясь прямолинейно, уменьшил скорость от 54 км/ч до 18 км/ч. Как и на сколько изменился импульс автомобиля?

11 Шарик из пластилина массой 120 г упал на горизонтальную поверхность стола и прилип к столу. Скорость шарика перед ударом равна 8 м/с. Как и на сколько изменился импульс шарика при ударе?

12 Мяч массой  $m = 150$  г брошен вертикально вверх со скоростью  $v = 2$  м/с. Каково изменение импульса мяча за время от начала движения до возвращения в исходную точку, если сопротивление воздуха пренебрежимо мало?

13 Тело массой 1 кг движется равномерно по окружности со скоростью 2 м/с. Определите изменение импульса тела за время, равное: а) одной шестой периода; б) четверти периода; в) половине периода.

14 Теннисный мяч массой 200 г движется со скоростью 12 м/с горизонтально и абсолютно упруго ударяется о неподвижную вертикальную стенку. Определите модуль изменения импульса мяча  $\Delta p$ .

15 Определите изменение импульса шарика массой 50 г, движущегося со скоростью 2 м/с, при упругом ударе о неподвижную плоскость, составляющую с вектором скорости угол  $\alpha$ , равный: а)  $30^\circ$ ; б)  $45^\circ$ ; в)  $60^\circ$ ; г)  $90^\circ$ .

16 В результате абсолютно упругого удара о неподвижную вертикальную стену направление движения шайбы изменилось на  $90^\circ$ . Импульс шайбы перед ударом равен 1,2 кг·м/с. Чему равен модуль изменения импульса шайбы в результате удара? Как направлен вектор изменения импульса шайбы?

17 Теннисный мяч массой 200 г, двигавшийся со скоростью 12 м/с, упруго ударяется о неподвижную стенку. Определите модуль изменения импульса мяча  $\Delta p$ , если вектор скорости мяча перед ударом составлял угол  $60^\circ$  с перпендикуляром к стенке.

18 На тело в течение двух секунд действовала сила  $F = 2$  Н. Найдите приращение импульса тела.

19 Шарик массой  $m = 0,1$  кг движется горизонтально со скоростью  $v = 2$  м/с и абсолютно упруго ударяется о массивную вертикальную стенку. Найдите импульс силы, действовавшей на стенку во время удара.

20 На тело в течение времени 10 с действует постоянная сила 50 Н. Найдите массу тела, если в результате действия силы скорость тела изменилась на 5 м/с.

21 Тело движется прямолинейно. Под действием постоянной силы 5 Н импульс тела уменьшился от 25 кг·м/с до 15 кг·м/с. Чему равно время действия силы?

22 Снаряд массой 10 кг вылетает из ствола орудия со скоростью 600 м/с. Зная, что время движения снаряда внутри ствола 0,008 с, определите среднюю силу давления пороховых газов.

23 Шарик массой 10 г подлетел к стенке по направлению нормали к ней со скоростью 2 м/с, ударился о стенку и отскочил от неё с той же по величине скоростью. С какой средней силой  $F$  действовал шарик на стенку, если удар продолжался 0,01 с? Чему равен импульс, полученный стенкой за время удара?

24 Автомат выпускает пули с частотой  $n = 600$  мин<sup>-1</sup>. Масса каждой пули  $m = 4$  г, её начальная скорость  $v = 500$  м/с. Найдите среднюю силу отдачи при стрельбе.

25 Мяч массой 150 г ударяется о гладкую вертикальную стенку под углом  $30^\circ$  к ней и отскакивает без потери скорости. Найдите среднюю силу, действующую на мяч со стороны стенки, если скорость мяча 10 м/с, а продолжительность удара 0,1 с.

26 Два одинаковых шарика массой 40 г каждый движутся поступательно и прямолинейно в горизонтальной плоскости с одинаковыми скоростями 1 м/с: а) вдоль одной прямой навстречу друг другу; б) вдоль одной прямой в одном направлении; в) так, что угол между скоростями шаров  $120^\circ$ ; г) в перпендикулярных направлениях. Чему равен импульс системы шаров в каждом случае?

27 Два тела массами 0,2 кг и 0,3 кг движутся в горизонтальной плоскости во взаимно перпендикулярных направлениях. Импульс системы этих тел равен 2 кг·м/с. С какой скоростью движется первое тело, если скорость второго 4 м/с?

28 Вагон массой 25000 кг, двигавшийся со скоростью 2 м/с, столкнулся с неподвижной платформой массой 15000 кг. Какова скорость совместного движения вагона и платформы после того, как сработала автосцепка?

29 Ледокол массой 6000 т, идущий с выключенным двигателем со скоростью 8 м/с, наталкивается на неподвижную льдину и движет ее впереди себя. Скорость ледокола уменьшилась при этом до 3 м/с. Определите массу льдины.

30 Мальчик бежит со скоростью 1,7 м/с и догоняет тележку, движущуюся со скоростью 0,5 м/с. Какой будет скорость тележки после того, как мальчик вскочит на неё? Масса мальчика 50 кг, масса тележки 70 кг?

31 Человек, масса которого 70 кг, бежит со скоростью 2 м/с навстречу тележке массой 80 кг, движущейся со скоростью 1 м/с. Какова будет скорость тележки после того, как человек вскочит на нее?

32 Вагон массой 20 т движется со скоростью 3 м/с и догоняет платформу массой 10 т, движущуюся со скоростью 1,5 м/с. Найдите скорость совместного движения вагона и платформы после того, как сработает автосцепка?

33 Два вагона с автосцепкой движутся навстречу друг другу со скоростями 1,5 м/с и 2 м/с. Массы вагонов соответственно равны 16 т и 12 т. С какой скоростью и в каком направлении будут двигаться вагоны после столкновения?

34 Два тела движутся навстречу друг другу со скоростями 4,2 м/с и 7 м/с и останавливаются в результате неупругого столкновения. Чему равна масса второго тела, если масса первого 2 кг?

35 Тележка с песком массой 10 кг катится со скоростью 1 м/с по горизонтальной поверхности. В песок попадает и застревает в нем шар массой 2 кг, летевший навстречу тележке с горизонтальной скоростью 2 м/с (рис. 2). В какую сторону и с какой скоростью покатится тележка после попадания в нее шара?

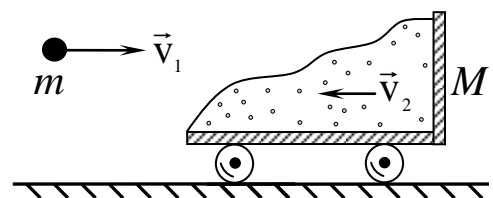


Рис. 2

36 Тележка массой 50 кг движется по гладкой горизонтальной плоскости со скоростью 1 м/с. Навстречу тележке бежит мальчик массой 50 кг. После того, как мальчик запрыгнул в тележку, тележка стала двигаться в обратную сторону со скоростью 0,5 м/с. Определите скорость мальчика до прыжка в тележку.

37 Какую скорость относительно воды получит неподвижная лодка, масса которой с грузом 200 кг, если находящийся в лодке человек выстрелит в горизонтальном направлении в сторону кормы? Масса пули 10 г, а ее начальная скорость 800 м/с.

38 Неподвижный снаряд массой 3 кг разорвался на два осколка. Осколок массой 1 кг летит со скоростью 500 м/с. Определите скорость второго осколка.

39 Сани с охотником стоят на гладком льду. Охотник стреляет из ружья в горизонтальном направлении. Масса заряда 0,03 кг. Скорость дробинок при выстреле 360 м/с. Общая масса саней с охотником и ружьём 120 кг. Какова скорость саней после выстрела?

40 Какую скорость относительно земли приобретает ракета массой 600 кг, если газы массой 15 г вылетают из неё со скоростью 800 м/с?

41 Два человека с массами  $m = 64$  кг и  $M = 75$  кг стоят на роликовых коньках друг против друга. Первый бросает второму груз массы  $m_1 = 2$  кг со скоростью, горизонтальная составляющая которой  $v_x = 5$  м/с относительно земли. Найдите скорость  $v_1$  первого человека после бросания груза и скорость  $v_2$  второго после того, как он поймает груз. Трением пренебречь.

42 Граната, летевшая горизонтально со скоростью 10 м/с, разорвалась на две части массами 1 кг и 1,5 кг. Большая часть полетела горизонтально в том же направлении со скоростью 25 м/с. Определите скорость и направление полета меньшего осколка.

43 Граната, летевшая горизонтально со скоростью 10 м/с, разорвалась на два осколка. Большой осколок, составляющий 60% массы гранаты, продолжал двигаться в том же направлении со скоростью 20 м/с. Найдите скорость меньшего осколка.

44 Из самоходного орудия, движущегося со скоростью 18 км/ч, произведен выстрел. Масса орудия 20 т, масса снаряда 25 кг и его начальная скорость относительно орудия 600 м/с. Какова будет скорость орудия после выстрела, если направление выстрела: а) противоположно направлению движения орудия; б) совпадает с направлением движения орудия?

45 С лодки массой 180 кг, движущейся со скоростью 0,5 м/с, прыгает человек массой 60 кг в горизонтальном направлении со скоростью 5 м/с. Какова после прыжка человека проекция скорости лодки на первоначальное направление движения, если человек прыгает: а) с носа по ходу движения; б) с кормы в сторону, противоположную движению лодки?

46 С тележки массой  $M$ , катящейся по горизонтальной поверхности со скоростью  $v$ , сброшен груз массой  $m$  с нулевой начальной скоростью (в системе отсчета связанной с тележкой). Определите скорость тележки  $u$  после сбрасывания груза.

47 С лодки, движущейся со скоростью  $v$ , вертикально вверх относительно земли бросают груз массой  $m$ . Определите скорость лодки  $u$  сразу после бросания груза. Масса лодки с грузом  $M$ .

48 По горизонтальным рельсам движется со скоростью 25 км/ч платформа массой  $M = 200$  кг. На неё вертикально падает камень массой  $m = 50$  кг и движется в дальнейшем вместе с платформой. Через некоторое время в платформе открывается люк, и камень проваливается вниз. С какой скоростью  $u$  движется после этого платформа? Трением пренебречь.

49 Игрок в керлинг скользит с битой по льду со скоростью 4 м/с. В некоторый момент он аккуратно толкает биту в направлении движения. Скорость биты при этом возрастает до 6 м/с. Масса биты 20 кг, а игрока 80 кг. Какова скорость игрока после толчка? Трением коньков о лед пренебречь.

50 Пуля массой 10 г, летевшая со скоростью 200 м/с, попадает в неподвижное тело и пробивает его. После этого тело движется со скоростью 2 м/с, а скорость пули уменьшается в 4 раза. Чему равна масса тела?

51 Пуля массой 9 г, летящая горизонтально со скоростью 400 м/с, попадает в брусок, лежащий на гладком полу, и пробивает его насквозь. Скорость пули после вылета 200 м/с. Определите массу бруска, если после вылета пули он приобрел скорость 5 м/с.

52 На гладком горизонтальном столе лежит шар массой  $m$ . Одновременно с противоположных сторон на него налетают два шара одинаковой массы  $2m$ . Какова будет скорость шаров после абсолютно неупругого удара, если скорость одного из налетающих шаров равна  $v$ , а другого  $2v$ ? Векторы скоростей шаров лежат на одной прямой.

53 Три шарика находятся на оси  $Ox$ . Средний шарик массой  $m$  покоится, а левый и правый шарики движутся в сторону среднего, причем модули их скоростей равны 2 м/с и 0,75 м/с соответственно. Масса левого шарика  $3m$ , а правого –  $2m$ . Какими будут модуль и направление скорости шариков после их неупругого столкновения?

54 Два абсолютно неупругих шара с массами  $m_1 = 0,60$  кг и  $m_2 = 0,40$  кг, движущиеся со скоростями  $v_1 = 5,0$  м/с и  $v_2 = 10$  м/с, направленными под углом  $90^\circ$  друг к другу, сталкиваются и после удара движутся как единое целое. Определите: 1) импульс системы после удара; 2) скорость системы шаров после удара; 3) угол между первоначальным направлением движения первого шара и новым направлением движения системы. Соппротивлением движению пренебречь.

55 С какой скоростью стал двигаться стрелок массой 70 кг, стоящий на гладком льду, если он выстрелил в горизонтальном направлении: а) один раз; б) два раза в одном направлении; в) два раза во взаимно перпендикулярных направлениях? Масса пули 10 г и ее начальная скорость 700 м/с.

56 Два тела с одинаковыми массами летят в перпендикулярных направлениях со скоростями 2 м/с и 1,5 м/с. В результате неупругого соударения они слипаются. Найдите величину и направление скорости слипшихся тел после соударения.



57 Два тела с одинаковыми массами движутся в перпендикулярных направлениях. В результате неупругого удара эти тела слипаются и движутся вместе со скоростью 5 м/с. Чему была равна скорость одного из тел до удара, если скорость второго была 6 м/с?

58 Мальчик массой 35 кг бежит и запрыгивает на сани массой 8 кг, движущиеся по горизонтальной поверхности льда. Перед прыжком скорость мальчика равна 1,6 м/с, скорость саней 1,5 м/с, векторы скоростей перпендикулярны друг другу. Чему равна начальная скорость их совместного движения?

59 Два мальчика массами  $m_1 = 25$  кг и  $m_2 = 20$  кг, скользящие по льду, столкнулись и далее покатились вместе. Перед столкновением скорости мальчиков были взаимно перпендикулярны и равны соответственно  $v_1 = 2$  м/с и  $v_2 = 2,5$  м/с. Чему равен угол между векторами скорости второго мальчика до и после столкновения?

60 По реке плывет плот массой 240 кг со скоростью 0,5 м/с. Человек массой 60 кг прыгает с берега на плот с горизонтальной скоростью 2 м/с, направленной перпендикулярно скорости плота. Чему равна начальная скорость движения плота с человеком? Соппротивлением воды пренебречь.

61 На вагонетку массой 600 кг, катящуюся по горизонтальному пути со скоростью 0,2 м/с, насыпали сверху 200 кг щебня. Как и на сколько изменилась при этом скорость вагонетки?

62 Камень массой 2,5 кг падает в тележку с песком, покоящуюся на горизонтальных рельсах (рис. 3). В момент падения на тележку скорость камня равна 8 м/с и направлена под углом  $60^\circ$  к горизонту. Чему равен импульс тележки с песком и камнем?

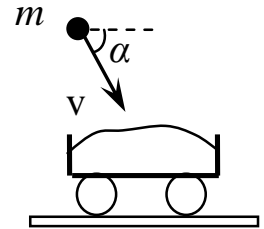


Рис. 3

63 В деревянный брусок, лежащий на гладкой горизонтальной поверхности, попадает пуля массой 10 г и застревает в нем. В результате брусок приходит в движение со скоростью 10 м/с. Перед попаданием в брусок пуля двигалась под углом  $60^\circ$  к горизонту со скоростью 420 м/с. Определите массу бруска.

64 Конькобежец массой 68 кг, стоя на коньках на льду, бросает камень 1 кг со скоростью 4 м/с под углом  $30^\circ$  к горизонту. Какую скорость приобретает конькобежец сразу после броска?

65 Мальчик массой 40 кг, стоя на коньках, кидает камень массой 1 кг со скоростью 3,2 м/с под углом  $60^\circ$  к горизонту. Определите скорость, с которой мальчик начнет двигаться по льду в результате броска.

66 Пушка, стоящая на гладкой горизонтальной площадке, стреляет под углом  $30^\circ$  к горизонту. Масса снаряда 20 кг, его начальная скорость 200 м/с. Какую скорость приобретает пушка при выстреле, если ее масса 500 кг?

67 В шар массой  $0,4$  кг, подвешенный на нити, попадает пластилиновый шарик массой  $0,1$  кг и прилипает к нему (рис. 4). Скорость шарика перед ударом равна  $1$  м/с и направлена под углом  $60^\circ$  к горизонту. Определите скорость шара сразу после столкновения.

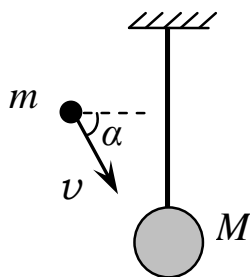


Рис. 4

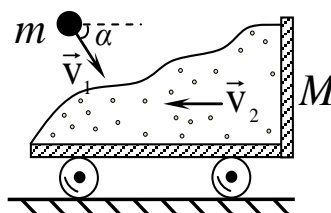


Рис. 5

69 Тело массой  $5$  кг, летящее со скоростью  $1,6$  м/с, распадается на два осколка, масса одного из которых равна  $3$  кг. Скорость этого осколка перпендикулярна начальной скорости тела и равна  $2$  м/с. Чему равна скорость второго осколка?

70 Тело, движущееся с некоторой скоростью, разрывается на два осколка. Один из осколков движется перпендикулярно первоначальному направлению тела со скоростью  $20$  м/с, второй – под углом  $30^\circ$  к первоначальному направлению тела со скоростью  $50$  м/с. Каково отношение масс осколков  $m_1/m_2$ ?

71 Снаряд массой  $3$  кг, летящий со скоростью  $80$  м/с, разрывается на два осколка. Один из осколков летит под углом  $90^\circ$  к первоначальному направлению. Под каким углом к этому направлению полетит второй осколок, если его масса  $1,2$  кг, а скорость  $400$  м/с?

72 По гладкой горизонтальной поверхности вдоль взаимно перпендикулярных направлений движутся две шайбы с импульсами, равными по модулю  $p_1 = 3$  кг·м/с и  $p_2 = 1,6$  кг·м/с (рис. 6). После их соударения первая шайба продолжает двигаться прежнем направлении с импульсом, равным по модулю  $1,8$  кг·м/с. Найдите модуль импульса второй шайбы после удара.

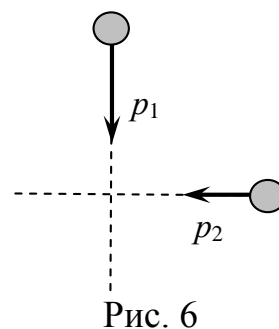


Рис. 6

73 Шар массой  $m$ , имеющий скорость  $v$ , налетел на покоящийся шар массой  $m/2$  и после удара изменил направление своего движения на угол  $\alpha = 30^\circ$ . С какими скоростями  $v_1$  и  $v_2$  стали двигаться шары после удара, если угол между этими скоростями равен  $2\alpha$ ?

74 При взрыве покоившегося снаряда образовалось три осколка массами  $1,5m$ ,  $4m$ ,  $6m$ . Скорости первых двух взаимно перпендикулярны, а их модули равны соответственно  $2v$  и  $v$ . Определите модуль скорости третьего осколка, если  $v = 120$  м/с.

75 Три лодки одинаковой массы  $M$  идут в кильватер (друг за другом) с одинаковой скоростью  $v$ . Из средней лодки одновременно в переднюю и заднюю бросают со скоростью  $u$  относительно лодки грузы массой  $m$ . Каковы будут скорости лодок после переброски грузов? Сопротивлением воды пренебречь.

76 Человек массой 70 кг находится на корме лодки, находящейся в озере. Длина лодки 5 м, ее масса 280 кг. Человек переходит на нос лодки. На какое расстояние человек переместится при этом относительно дна озера? Сопротивлением воды пренебречь.

77 Рыбак массой 60 кг стоит на носу катера длиной 3,5 м и массой 150 кг. На какое расстояние относительно дна озера переместится катер, если рыбак перейдет на корму? Сопротивлением воды пренебречь.

78 С вершины клина с углом при основании, равным  $45^\circ$ , с высоты 20 см начинает скользить тело массой 0,5 кг. Клин лежит на абсолютно гладкой поверхности. Определите, на какое расстояние переместится клин, когда тело окажется у его основания. Масса клина 1,5 кг.

79 Космический корабль массой 3000 кг разгоняется ракетным двигателем. Из сопла двигателя ежесекундно выбрасывается 3 кг горячего газа со скоростью 600 м/с. Через какое время после старта аппарат будет иметь скорость 6 м/с? Изменением массы корабля за время движения и действием внешних сил на корабль пренебречь.

80 В межпланетном пространстве разгоняется космический корабль, включив ракетный двигатель. Из сопла двигателя ежесекундно выбрасывается 3 кг горячего газа со скоростью 800 м/с. Масса корабля 4000 кг. Определите скорость, которую приобретет корабль, пройдя 120 м после включения двигателя. Изменением массы корабля за время движения и действием внешних сил на корабль пренебречь.

81 Тело массой 1 кг брошено под углом к горизонту. За время полёта его импульс изменился на 10 кг·м/с. Определите наибольшую высоту подъёма тела. Сопротивлением воздуха пренебречь.

82 Конькобежец, стоящий на льду, бросает вдоль поверхности льда камень массой 0,5 кг. За время 2 с камень прошел до остановки расстояние 5 м. С какой скоростью после броска камня начинает двигаться конькобежец, если его масса 50 кг? Трением пренебречь.

83 Летящая вертикально вверх ракета разрывается в наивысшей точке траектории на высоте 30 м на две одинаковые части, одна из которых летит вертикаль-

но вниз, а другая – вверх. Найдите модуль скорости второй части сразу после разрыва, если первая часть падает на Землю через 2 с?

84 Снаряд, летевший на высоте  $h = 100$  м горизонтально со скоростью  $v = 15$  м/с, разрывается на две части равной массы. Одна из частей падает на Землю через  $t = 2$  с точно под местом взрыва. Определите скорость  $v_2$  другой части сразу после взрыва.

85 Гранату массой  $M$  подбросили вертикально вверх с поверхности земли. В наивысшей точке своего полёта на высоте  $H$  над землёй она разорвалась на два осколка. Первый осколок массой  $m$  полетел горизонтально со скоростью  $v$ . На каком расстоянии от точки бросания гранаты упадет второй осколок? Сопротивлением воздуха пренебречь.

86 Снаряд, летевший горизонтально со скоростью  $v$ , на высоте  $h$  разорвался на две части, бóльшая из которых, масса которой составляла  $2/3$  от массы всего снаряда, полетела в том же направлении со скоростью  $2v$ . Определите, на каком расстоянии друг от друга упадут две части в конце полёта.

87 Шарик массой 100 г налетает перпендикулярно со скоростью 5 м/с на массивную вертикальную стенку, движущуюся со скоростью 1 м/с. С какой скоростью шарик отскакивает от стенки после абсолютно упругого удара, если стенка движется: а) навстречу шарика; б) в направлении движения шарика.

88 Шарик массой 100 г налетает со скоростью 5 м/с на массивную вертикальную стенку, движущуюся со скоростью 1 м/с. Вектор скорости шарика перед ударом направлен под углом  $60^\circ$  к поверхности стенки. Определите модуль и направление скорости шарика после абсолютно упругого удара о стенку, если: а) стенка движется навстречу шарика; б) шарик догоняет стенку.

89 По гладкой горизонтальной поверхности льда скользят в одном направлении массивный брусок со скоростью 1 м/с и небольшая шайба со скоростью 3 м/с. В некоторый момент времени шайба находилась в точке В на расстоянии 1 м от бруска. Через какое время, считая от этого момента, шайба вернется в исходную точку? Нормаль к боковой части шайбы перпендикулярна грани бруска, о которую она ударяется. Масса шайбы намного меньше массы бруска, удар абсолютно упругий.

## МЕХАНИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ. РАБОТА СИЛЫ

### Основные понятия и формулы

**Работа постоянной силы  $F$ :**

$$A = F \cdot S \cdot \cos \alpha, \quad (6)$$

где  $S$  – перемещение тела,  $\alpha$  – угол между векторами  $\vec{F}$  и  $\vec{S}$ .  $[A] = \text{Дж}$ .

Работу, совершаемую силой в единицу времени, характеризует **мощность  $N$** . **Средняя мощность** равна:

$$N = \frac{A}{t} \quad \text{или} \quad N = F \cdot v_{\text{cp}} \cdot \cos\alpha \quad (7)$$

где  $A$  – работа, совершенная силой  $F$  за время  $t$ ,  $v_{\text{cp}}$  – средняя скорость тела.

Если сила переменная, то работу силы можно определить по графику зависимости силы  $F$  от перемещения тела  $r$ : **работа силы численно равна площади фигуры под графиком зависимости  $F(r)$**  (рис. 7).

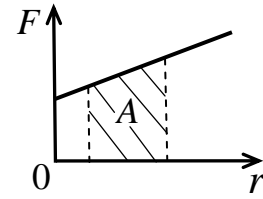


Рис. 7

**Кинетическая энергия  $E_K$**  – энергия, которой обладает движущееся тело:

$$E_K = \frac{mv^2}{2}, \quad (8)$$

где  $m$  – масса тела,  $v$  – скорость тела.

**Потенциальная энергия  $E_{\text{П}}$**  – это энергия взаимодействия тел.

1) Потенциальная энергия взаимодействия тела с Землей:

$$E_{\text{П}} = mgh, \quad (9)$$

где  $h$  – высота, измеренная от уровня, на котором потенциальная энергия тела считается равной нулю (рис. 8). Формула верна, если  $h$  значительно меньше радиуса Земли.

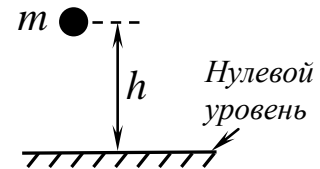


Рис. 8

2) Потенциальная энергия упруго деформированного тела:

$$E_{\text{П}} = \frac{k\Delta x^2}{2}, \quad (10)$$

где  $k$  – коэффициент упругости или жесткости,  $\Delta x$  – абсолютная деформация.

Кинетическая и потенциальная энергии – величины относительные, т. е. зависят от выбора системы отсчета.

**Полная механическая энергия тела  $E$**  равна сумме потенциальной  $E_{\text{П}}$  и кинетической  $E_K$  энергий:

$$E = E_K + E_{\text{П}}. \quad [E] = \text{Дж}. \quad (11)$$

**Теорема об изменении кинетической энергии:** работа, совершенная равнодействующей всех сил, действующих на тело, равна изменению кинетической энергии тела:

$$A = E_{K2} - E_{K1} = \Delta E_K \quad (12)$$

**Работа силы тяжести** равна изменению потенциальной энергии тела, взятому со знаком «минус»:

$$A_{\text{тяж}} = E_{\text{П}1} - E_{\text{П}2} = -\Delta E_{\text{П}}. \quad (13)$$

**Работа силы упругости** равна изменению потенциальной энергии тела, взятому со знаком «минус»:

$$A_{\text{упр}} = E_{\text{П}1} - E_{\text{П}2} = -\Delta E_{\text{П}}. \quad (14)$$

**Задачи для самостоятельного решения**

- 90 Во сколько раз изменится кинетическая энергия тела, если его скорость увеличится в 3 раза?
- 91 Во сколько раз изменится скорость тела, если его кинетическая энергия уменьшится в 4 раза?
- 92 На сколько уменьшится кинетическая энергия тела массой 30 кг при изменении его скорости от 4 м/с до 2 м/с?
- 93 Какую скорость приобрело тело массой 50 кг, разогнавшись из состояния покоя, если его кинетическая энергия в конце разгона 400 Дж?
- 94 Масса самосвала в 12,5 раз больше массы легкового автомобиля, а скорость самосвала в 2,5 раза меньше скорости легкового автомобиля. Во сколько раз отличаются импульсы и кинетические энергии автомобилей?
- 95 Импульс тела массой 2 кг, движущегося поступательно, в некоторый момент времени равен 2 кг·м/с. Чему равна кинетическая энергия тела в этот момент?
- 96 Определите массу тела, кинетическая энергия которого 10 Дж, а импульс равен 2 кг·м/с.
- 97 Мяч, летящий горизонтально со скоростью 10 м/с, отбрасывается ударом ракетки в противоположную сторону со скоростью 20 м/с. Определите изменение импульса мяча, если изменение его кинетической энергии 15 Дж.
- 98 На неподвижное тело массой 0,5 кг начинает действовать постоянная сила, равная 2 Н. Найдите кинетическую энергию, которой будет обладать тело через 3 с после начала действия силы.
- 99 Вертолет массой 2000 кг находится на высоте 20 м. На какой высоте его потенциальная энергия возрастет на 600 кДж?
- 100 Груз массой 1,8 кг свободно падает с высоты 7 м над поверхностью Земли. На какой высоте потенциальная энергия груза будет на 54 Дж меньше первоначальной?
- 101 На высоте 2,5 м потенциальная энергия тела равна 75 Дж. На какой высоте потенциальная энергия тела увеличится на 12 Дж?
- 102 Потенциальная энергия мяча массой 0,4 кг, упавшего с балкона, находящегося на высоте 9 м, изменилась на 20 Дж. На какой высоте находился мяч в этот момент?

103 Три шарика, массы которых  $m_1 = 10$  г,  $m_2 = 20$  г и  $m_3 = 30$  г, расположены так, как показано на рис. 9. Шарик  $m_1$  находится на высоте  $h_1 = 1$  м над поверхностью земли, шарик  $m_2$  находится в яме глубиной  $h_2 = 1$  м. Найдите потенциальную энергию каждого шарика относительно: а) уровня, на котором находится шарик  $m_2$ ; б) уровня, на котором находится шарик  $m_3$ . Размерами шариков пренебречь.

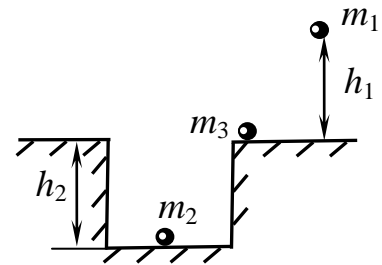


Рис. 9

104 Какой станет потенциальная энергия пружины, если ее из недеформированного состояния растянуть на 10 см? Коэффициент жесткости пружины 100 Н/м.

105 Пружину, жесткость которой 200 Н/м, растянули на одну треть ее длины. Длина пружины в недеформированном состоянии 30 см. Найдите потенциальную энергию растянутой пружины.

106 При растяжении недеформированной пружины на 8 см ее потенциальная энергия стала 4 Дж. Определите коэффициент жесткости пружины.

107 Пружину из недеформированного состояния растянули сначала на 10 см, а потом ещё на 10 см. Во сколько раз потенциальная энергия пружины во втором состоянии больше, чем в первом?

108 Определите отношение потенциальных энергий  $E_1/E_2$  двух пружин с коэффициентами упругости  $k_1$  и  $k_2$  в двух случаях: а) пружины соединены последовательно и растягиваются грузом весом  $P$  (рис. 10, а); б) пружины висят параллельно, причем груз подвешен так, что обе пружины растягиваются на одну и ту же величину (рис. 10, б).

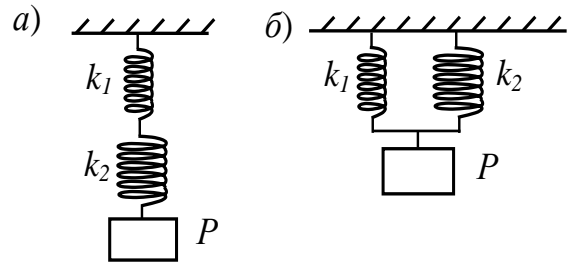


Рис. 10

109 Санки тянут равномерно по горизонтальной поверхности с помощью веревки, которая образует с поверхностью угол  $30^\circ$ . Сила натяжения веревки 20 Н. Определите работу силы натяжения при перемещении санок на расстояние 50 м.

110 Какую минимальную работу необходимо совершить, чтобы переместить тело массой 10 кг по горизонтальной плоскости на расстояние 100 м, действуя силой, направленной горизонтально. Коэффициент трения между телом и плоскостью 0,3.

111 Ящик массой 50 кг тянут с помощью веревки, составляющей с горизонтом угол  $60^\circ$ . Коэффициент трения между ящиком и полом 0,6. Какую наименьшую работу нужно совершить, чтобы передвинуть ящик по прямой на расстояние 10 м?

112 Вертолет массой 5 т поднимается вертикально вверх с постоянной скоростью. Какую работу совершает двигатель вертолета при подъеме его на высоту 50 м?

113 Какую работу совершает сила тяжести над камнем массой 600 г при его падении с высоты 2,5 м?

114 Какую работу совершает сила тяжести, действующая на тело массой 5 кг, при опускании тела с высоты 5 м до высоты 2,8 м?

115 Шарик массой 100 г скатывается с горки длиной 2 м, составляющей с горизонтом угол  $30^\circ$ . Определите работу силы тяжести, действующей на шарик. Чему равна работа силы реакции опоры?

116 Какую работу надо совершить, чтобы поднять груз массой 0,8 кг на высоту 5 м с ускорением  $0,6 \text{ м/с}^2$ ?

117 Тело массой 2 кг подняли на высоту 1 м, прикладывая постоянную силу. При этом была совершена работа 26 Дж. С каким ускорением двигалось тело?

118 Груз массой 7 кг поднимают на веревке с поверхности земли на высоту 1 м: один раз – равномерно, второй – равноускоренно с ускорением  $2 \text{ м/с}^2$ . Как и на сколько отличаются работы силы натяжения верёвки в этих случаях? Сопротивление воздуха не учитывать.

119 Лифт массой  $10^3$  кг поднимается с постоянным ускорением  $0,2 \text{ м/с}^2$ . Определите работу силы натяжения каната лифта за первые 5 секунд движения?

120 Какую работу надо совершить, чтобы лежащий на земле однородный стержень длиной 2 м и массой 100 кг поставить вертикально?

121 Чтобы поставить вертикально шест массой 2 кг, лежащий на горизонтальной поверхности, нужно совершить минимальную работу 18 Дж. Какова длина шеста?

122 Человек взялся за конец лежащего на земле однородного стержня массой 100 кг и поднял этот конец на высоту 1 м. Какую работу он совершил?

123 Какую минимальную работу надо совершить, чтобы стоящий на земле однородный куб массой  $m = 10$  кг с длиной ребра  $a = 20$  см перевернуть на другую грань?

124 Какую работу надо совершить, чтобы растянуть пружину жесткостью 40 кН/м на 0,5 см?

125 Для растяжения пружины на 4 мм необходимо совершить работу 0,02 Дж. Какую работу надо совершить, чтобы растянуть эту же пружину на 4 см?

126 Какую работу надо совершить над телом массой 0,25 кг, чтобы разогнать его из состояния покоя до скорости 10 м/с?



127 Какую работу нужно совершить, чтобы увеличить скорость тела массой 0,1 кг от 2 м/с до 4 м/с?

128 Для разгона тела от скорости 3 м/с до скорости 5 м/с была совершена работа 160 Дж. Чему равна масса тела?

129. Автомобиль, начиная движение, разгоняется до скорости 20 м/с. Сравните работы, которые совершает двигатель при разгоне из состояния покоя до скорости 10 м/с и от скорости 10 м/с до скорости 20 м/с. Найдите эти работы. Масса автомобиля 1,2 т.

130 Тело движется вдоль оси  $Ox$  под действием силы, зависимость проекции которой от координаты представлена на рис. 11. Чему равна работа силы на пути 4 м?

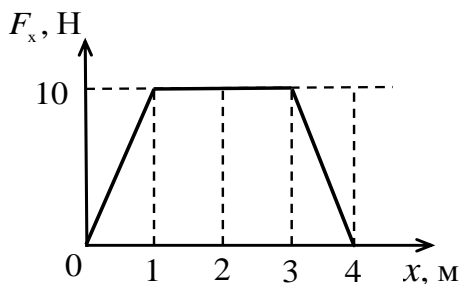


Рис. 11

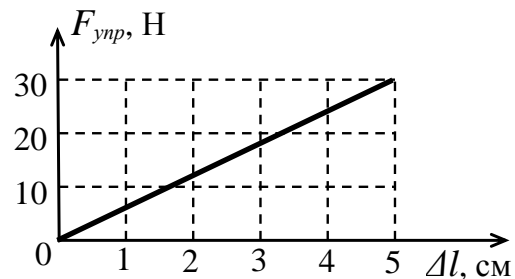


Рис. 12

131 На рис. 12 показан график зависимости модуля силы упругости пружины от ее удлинения. Какова потенциальная энергия пружины при удлинении  $\Delta l = 5$  см?

132 Тело массой 1 кг, брошенное с поверхности земли вертикально вверх с начальной скоростью 15 м/с, упало на землю со скоростью 10 м/с. Чему равна работа силы сопротивления воздуха?

133 Снаряд массой 12 кг вылетел из орудия с начальной скоростью 600 м/с, а к моменту попадания в цель его скорость уменьшилась до 500 м/с. Какова работа сил сопротивления воздуха, совершенная над снарядом в процессе его полета до цели, если орудие и цель находились на одном горизонтальном уровне?

134 Тело массой 1 кг падает из состояния покоя с высоты 150 см на поверхность Земли. Найдите работу силы сопротивления воздуха, если скорость тела у поверхности Земли 4 м/с.

135 Тело массы  $m$  падает с высоты 2 м без начальной скорости на Землю. Работа силы сопротивления воздуха 2 Дж, а скорость тела при ударе о Землю 6 м/с. Найдите массу тела.

136 Тело массой 2 кг падает с высоты 2 м. Работа силы сопротивления воздуха 4 Дж. Найдите скорость тела у поверхности Земли перед ударом.

137 Тело массой 3 кг поднимается вертикально вверх на 2 м под действием силы 50 Н. Чему равно изменение кинетической энергии тела?

138 Гвоздь длиной 10 см забивают в деревянный брус одним ударом молотка. В момент удара кинетическая энергия молотка равна 3 Дж. Определите среднюю силу трения гвоздя о дерево бруса.

139 С какой скоростью двигался поезд массой 1500 т, если под действием тормозящей силы 150 кН он прошел до остановки путь 500 м?

140 Камень массой 0,4 кг бросили с высоты 2 м со скоростью 6 м/с. Камень упал на землю, имея скорость 8 м/с. Определите среднюю силу сопротивления воздуха.

141 Парашютист массой 60 кг отделился от неподвижно висящего вертолета и, пролетев до раскрытия парашюта 100 м, приобрел скорость 30 м/с. Какова средняя сила сопротивления воздуха, действовавшая на парашютиста?

142 Санки скатываются с горки высотой 8 м по склону длиной 100 м. Масса санок с седоком 70 кг. Какова сила сопротивления движению санок, если в конце спуска они имеют скорость 10 м/с? Начальная скорость санок равна нулю.

143 Пуля массой 10 г, двигаясь со скоростью 800 м/с, попадает в доску толщиной 5 см и вылетает из нее со скоростью 100 м/с. Определите силу трения пули внутри доски, считая ее постоянной.

144 Тело массой 1 кг падает с высоты 240 м с начальной скоростью 14 м/с и углубляется в песок на глубину 0,2 м. Найдите среднюю силу сопротивления песка. Сопротивлением воздуха пренебречь.

145 С высоты 5,0 м бросают вертикально вверх тело массой  $m = 0,20$  кг с начальной скоростью  $v_0 = 2,0$  м/с. При падении на Землю тело углубляется в грунт на глубину  $l = 5,0$  см. Найдите среднюю силу сопротивления движению тела в грунте. Сопротивлением воздуха пренебречь.

146 Лыжник массой 60 кг спустился с горы высотой 20 м. Какой была сила сопротивления его движению по горизонтальной лыжне после спуска, если он остановился, проехав 200 м? Считать, что по склону горы он скользил без трения.

147 Мальчик на санках спустился с ледяной горы высотой 10 м и проехал по горизонтали до остановки 50 м. Сила трения при его движении по горизонтальной поверхности равна 80 Н. Чему равна общая масса мальчика с санками? Считать, что по склону горы санки скользили без трения.

148 Отец катает сына на санках, разгоняя по горизонтальной дорожке, а потом отпускает. После этого санки проезжают 18 м и останавливаются. До какой скорости отец разгоняет санки, если коэффициент трения равен 0,1?

149 Сани свободно скользят по снегу прямолинейно до полной остановки. Определите путь, пройденный санями, если их начальная скорость  $2 \text{ м/с}$ , а коэффициент трения равен  $0,05$ .

150 Телу, лежащему на горизонтальной плоскости, сообщили скорость  $3 \text{ м/с}$ . Коэффициент трения между телом и плоскостью равен  $0,1$ . Найдите расстояние, которое пройдет тело до полной остановки.

151 Мальчик на санках спустился с ледяной горы. Коэффициент трения при его движении по горизонтальной поверхности равен  $0,2$ . Расстояние, которое мальчик проехал по горизонтали до остановки, равно  $30 \text{ м}$ . Чему равна высота горы? Считать, что по склону горы санки скользили без трения.

152 Какую работу совершил мальчик, стоящий на гладком льду, сообщив санкам скорость  $4 \text{ м/с}$  относительно льда, если масса санок  $4 \text{ кг}$ , а масса мальчика  $20 \text{ кг}$ ?

153 Человек стоит на тележке и бросает горизонтально камень массой  $m$  со скоростью  $v_0$  относительно Земли. Определите, какую при этом работу совершает человек, если масса тележки вместе с человеком равна  $M$ . Трением пренебречь.

154 Рабочий массой  $M = 60 \text{ кг}$  стоит на гладком льду рядом с тележкой массой  $m = 40 \text{ кг}$ . Рабочий толкает тележку, сообщая ей скорость  $3 \text{ м/с}$ , а сам откатывается в противоположную сторону. Какую работу совершает при этом рабочий?

155 Пуля массой  $5 \text{ г}$ , летевшая горизонтально со скоростью  $100 \text{ м/с}$ , попадает в неподвижный деревянный брусок массой  $50 \text{ г}$ , лежащий на абсолютно гладкой горизонтальной поверхности, и пробивает его, в результате чего брусок приобретает скорость  $8 \text{ м/с}$ . Какую работу совершила сила сопротивления при движении пули внутри бруска?

156 В неподвижное тело массой  $100 \text{ г}$ , лежащее на гладкой горизонтальной поверхности, попадает пуля массой  $8 \text{ г}$ , движущаяся горизонтально со скоростью  $200 \text{ м/с}$ , и пробивает его. После этого тело приобретает скорость  $4 \text{ м/с}$ . Определите работу силы сопротивления при движении пули внутри тела?

157 В тело массой  $690 \text{ г}$ , лежащее на горизонтальной поверхности, попадает пуля массой  $10 \text{ г}$  и застревает в нем. Скорость пули направлена горизонтально и равна  $700 \text{ м/с}$ . Какой путь пройдет тело до остановки, если коэффициент трения между телом и поверхностью  $0,25$ ?

158 Конькобежец массой  $60 \text{ кг}$ , стоя на коньках на льду, бросает в горизонтальном направлении камень массой  $3 \text{ кг}$  со скоростью  $4 \text{ м/с}$ . На какое расстояние откатится конькобежец, если коэффициент трения коньков о лед равен  $0,02$ ?

159 Мальчик массой  $40 \text{ кг}$ , стоя на коньках, кидает камень массой  $1 \text{ кг}$  со скоростью  $8 \text{ м/с}$  под углом  $60^\circ$  к горизонту. Определите расстояние, на которое мальчик откатится после броска. Коэффициент трения коньков о лед равен  $0,01$ .

160 В деревянный брусок массой 290 г, лежащий на горизонтальной поверхности, попадает пуля массой 10 г и застревает в нем. Перед попаданием в брусок пуля двигалась под углом  $60^\circ$  к горизонту со скоростью 180 м/с (рис. 13). Какое расстояние пройдет брусок после попадания в него пули, если коэффициент трения бруска о поверхность 0,3?

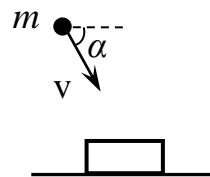


Рис. 13

161 Пуля массой 10 г, летевшая горизонтально со скоростью 600 м/с, ударила в свободно подвешенный на длинной нити деревянный брусок массой 0,5 кг и застряла в нём, углубившись на 10 см. Найдите силу сопротивления дерева движению пули, считая её постоянной. На какую глубину войдёт пуля, если брусок закрепить?

162 Два неупругих тела скользят навстречу друг другу по горизонтальной поверхности стола и после соударения слипаются. Скорость первого тела равна 20 м/с, второго тела – 4 м/с. Масса первого тела в 3 раза меньше массы второго. Коэффициент трения скольжения между телами и столом равен 0,2. На какое расстояние переместятся слипшиеся тела к моменту, когда их скорость уменьшится на 40%?

163 Два мальчика массами  $m_1 = 40$  кг и  $m_2 = 30$  кг скользят на коньках по льду во взаимно перпендикулярных направлениях, сталкиваются и продолжают движение вместе. Перед столкновением скорости мальчиков одинаковы и равны 1,6 м/с. Какой путь после столкновения пройдут мальчики по льду до остановки, если коэффициент трения равен 0,05?

164 Определите полезную мощность двигателя мотоцикла, если при скорости 108 км/ч его сила тяги 350 Н.

165 Электровоз движется со скоростью 18 км/ч. Мощность двигателя равна 4,5 МВт. Какую силу тяги развивает двигатель?

166 Лифт массой 1000 кг равномерно поднимается со скоростью 3 м/с. Какую мощность развивает при этом мотор лифта?

167 Лебедка равномерно поднимает груз массой 200 кг на высоту 3 м за 5 с. Чему равна мощность лебедки?

168 Подъемник равномерно поднимает тело массой 500 кг на высоту 20 м за время 40 с. Чему равна мощность подъемника?

169 Человек тянет тело массой 1 кг по горизонтальной поверхности с постоянной скоростью, равной 10 м/с. Коэффициент трения скольжения между телом и поверхностью 0,1. Какую мощность развивает человек, перемещая тело?

170 Парашютист массой 75 кг равномерно опускается на парашюте со скоростью 4 м/с. Какую по модулю мощность развивает при этом сила сопротивления воздуха?

171 Какую среднюю мощность должен развивать автомобиль массой 1,2 т, чтобы разогнаться по горизонтальной дороге из состояния покоя до скорости 10 м/с за 8 с.

172 До какой скорости может разогнаться по горизонтальной дороге из состояния покоя мотоцикл массой 200 кг за 5 с, если его двигатель развивает мощность 1,28 кВт?

173 Грузовик массой 4,8 т поднимается равномерно со скоростью 10 м/с по наклонной дороге с подъемом 250 м на каждый километр пути. Какую мощность развивает его двигатель?

## ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ

### Основные понятия и формулы

Энергия не создается и не уничтожается, а только превращается из одной формы в другую. **Закон сохранения механической энергии**: в изолированной системе тел **полная механическая энергия**  $E$  остается неизменной, если между телами системы действуют **консервативные силы**. **Консервативными** называют силы, работа которых не зависит от вида траектории тела и определяется только начальным и конечным положением тела. В механике консервативными являются сила тяготения и сила упругости. Пример неконсервативной силы – сила трения.

Если нет сил трения и сопротивления, а все деформации упругие, то полная механическая энергия системы не изменяется:

$$E_{K1} + E_{П1} = E_{K2} + E_{П2}, \quad (15)$$

где  $E_{K1}$  и  $E_{П1}$  – кинетическая и потенциальная энергии системы в некоторый момент времени,  $E_{K2}$  и  $E_{П2}$  – кинетическая и потенциальная энергии системы в любой другой момент времени. При этом кинетическая энергия переходит в потенциальную, а потенциальная в кинетическую.

Если в системе действуют силы трения и тела системы испытывают неупругие деформации, то механическая энергия частично или полностью преобразуется в тепловую (внутреннюю) энергию:

$$E_{K1} + E_{П1} = E_{K2} + E_{П2} + Q, \quad (16)$$

где  $Q$  – количество теплоты, выделяющейся при трении или при неупругих деформациях.  $[Q]=\text{Дж}$

**Абсолютно неупругий удар** – это столкновение тел, в результате которого тела объединяются и двигаются дальше, как единое целое. При этом механическая энергия частично или полностью переходит во внутреннюю энергию соударяющихся тел.

**Абсолютно упругий удар** – взаимодействие тел, при котором механическая энергия системы тел сохраняется.

**Коэффициентом полезного действия механизма  $\eta$**  называется отношение полезной работы, совершенной этим механизмом, к полной работе:

$$\eta = \frac{A_{\text{полезн}}}{A_{\text{полн}}} \cdot 100\% . \quad (17)$$

### Задачи для самостоятельного решения<sup>1</sup>

174 Тело массой 1,9 кг падает с высоты 4 м без начальной скорости. Определите его кинетическую энергию перед ударом о землю.

175 Перед ударом о землю камень массой 3 кг имел кинетическую энергию 300 Дж. С какой высоты упал камень?

176 Камень брошен с высоты 6 м со скоростью 8 м/с. Какую кинетическую энергию будет иметь камень перед ударом о землю? Масса камня 0,4 кг.

177 С какой скоростью был брошен камень массой 0,2 кг, если на максимальной высоте подъема он имел потенциальную энергию 4,9 Дж?

178 Камень массой 0,3 кг брошен вертикально вверх со скоростью 10 м/с. Определите потенциальную энергию камня на максимальной высоте.

179 Тело падает с высоты 7,2 м без начальной скорости. Определите его скорость перед ударом о землю.

180 Определите наибольшую высоту, на которую поднимется тело, если оно брошено вертикально вверх со скоростью 50 м/с.

181 С высоты 4,8 м свободно падает мяч массой 0,2 кг. Какова его кинетическая энергия на высоте 3,3 м?

182 Тело массой 1 кг брошено с поверхности земли вертикально вверх с начальной скоростью 20 м/с. На какой высоте тело будет иметь скорость 8 м/с?

183 Тело падает с высоты 10 м. На какой высоте кинетическая и потенциальная энергии тела сравняются?

184 Камень брошен вертикально вверх со скоростью 10 м/с. На какой высоте кинетическая энергия камня будет равна его потенциальной энергии?

185 Тело брошено вертикально вверх со скоростью 12 м/с. При какой скорости движения тела его кинетическая энергия будет равна потенциальной?

186 Вертикально вверх брошен камень со скоростью 6 м/с. На какой высоте кинетическая энергия камня будет в 5 раз меньше потенциальной?

187 С высоты 0,6 м из состояния покоя падает тело. Какова скорость тела в тот момент, когда кинетическая энергия в 3 раза больше потенциальной?

<sup>1</sup> При решении задач данного раздела сопротивлением воздуха пренебречь.

188 Тело массой 200 г брошено вверх с высоты 20 м с начальной скоростью 10 м/с под углом  $30^\circ$  к горизонту. Чему равна кинетическая энергия тела в момент удара о Землю?

189 С какой начальной скоростью надо бросить вертикально вниз мяч с высоты  $h$ , чтобы он подпрыгнул на высоту  $2h$ ? Считайте удар о землю абсолютно упругим.

190 На невесомом стержне длиной 0,8 м подвешен груз. Стержень отклоняют на  $90^\circ$  от вертикали и отпускают без толчка. Найдите скорость груза в момент прохождения положения равновесия.

191 Какую горизонтальную скорость надо сообщить шарик, висящему на невесомой и нерастяжимой нити длиной 0,9 м, чтобы она отклонилась на угол  $60^\circ$  от вертикали?

192 На нити висит груз. Груз толкнули в горизонтальном направлении, сообщив ему скорость 2 м/с. Какова длина нити, на которой подвешен груз, если в результате нить с грузом отклонилась на угол  $60^\circ$  от вертикали.

193 На нити подвешено тело. Нить отклонили на угол  $45^\circ$  и отпустили тело из состояния покоя. Определите ускорение тела в нижней точке траектории.

194 Груз подвешен на нити. Нить отвели от вертикали на угол  $90^\circ$  и отпустили груз. Каково центростремительное ускорение груза в момент, когда нить образует с вертикалью угол  $60^\circ$ ?

195 На нити висит груз массой 2 кг. Нить отвели на угол  $90^\circ$  и отпустили. Найдите силу натяжения нити в нижней точке траектории.

196 На нити подвешен груз массой 1,4 кг. Нить отклоняют на  $60^\circ$  от вертикали и отпускают без начальной скорости. Определите силу натяжения нити в момент прохождения положения равновесия.

197 На легком стержне длиной 90 см подвешен шарик. Какую минимальную скорость нужно сообщить шарик в горизонтальном направлении, чтобы он описал окружность в вертикальной плоскости?

198 На легкой нити длиной 50 см подвешен шарик. Какую минимальную скорость нужно сообщить шарик в горизонтальном направлении, чтобы он описал окружность в вертикальной плоскости?

199 С вершины гладкой наклонной плоскости соскальзывает тело без начальной скорости. Какова высота наклонной плоскости, если скорость тела у её основания равна 2 м/с?

200 Мальчик толкнул санки с вершины горки. Сразу после толчка санки имели скорость 2 м/с. Высота горки 1,6 м. Считая, что трение санок о горку пренебрежимо мало, определите скорость санок у подножия горки.

201 Велосипедист, не вращая педали, начинает съезжать из состояния покоя вниз по склону горы, образующей  $30^\circ$  с горизонтом. Какой путь он должен пройти по склону, чтобы разогнаться до скорости  $10 \text{ м/с}$ ? Сопротивлением движению пренебречь.

202 Автомобиль с выключенным двигателем начинает двигаться со скоростью  $20 \text{ м/с}$  вверх по склону горы под углом  $30^\circ$  к горизонту. Какое расстояние он проедет до полной остановки? Сопротивлением движению пренебречь.

203 Шайба, движущаяся со скоростью  $8 \text{ м/с}$ , стала скользить вверх по ледяному склону, составляющему угол  $30^\circ$  с горизонтом. Какую скорость будет иметь шайба, пройдя по склону расстояние  $4,8 \text{ м}$ ? Трение шайбы о лед пренебрежимо мало.

204 Тело бросают под углом  $60^\circ$  к горизонту. В момент бросания кинетическая энергия тела равна  $20 \text{ Дж}$ . Чему равна потенциальная энергия тела в верхней точке траектории?

205 Снаряд массой  $200 \text{ г}$ , выпущенный под углом  $30^\circ$  к горизонту, поднялся на высоту  $4 \text{ м}$ . Какой будет кинетическая энергия снаряда непосредственно перед его падением на Землю?

206 Под каким углом к горизонту брошен камень с поверхности Земли, если в наивысшей точке траектории его кинетическая энергия равна потенциальной?

207 Сила, необходимая для сжатия пружины детского пистолета на  $1 \text{ см}$ , равна  $4 \text{ Н}$ . Какова будет максимальная высота подъема шарика массой  $10 \text{ г}$  при вертикальном выстреле, если зарядить им пистолет, сжав пружину на  $2 \text{ см}$ ?

208 Ствол пружинного пистолета установили параллельно поверхности Земли и выстрелили. Найдите начальную скорость, которую приобретет пуля массой  $10 \text{ г}$ , если жесткость пружины  $4 \text{ Н/см}$ , а величина деформации пружины равна  $4 \text{ см}$ .

209 Один конец горизонтально расположенной невесомой пружины жесткостью  $500 \text{ Н/м}$  закреплён, а другой касается бруска массой  $0,2 \text{ кг}$ , лежащего на гладкой горизонтальной поверхности. Брусок сдвигают, сжимая пружину, и отпускают. На какую величину  $\Delta x$  была сжата пружина, если максимальная скорость бруска  $1 \text{ м/с}$ ?

210 Грузик, подвешенный к пружине, растягивает ее на  $2 \text{ см}$ . Ученик поднял грузик вверх так, что растяжение пружины равно нулю, и выпустил его из рук. Чему равно максимальное растяжение пружины?

211 Шарик массой  $m = 2 \text{ кг}$  летит со скоростью  $v = 5 \text{ м/с}$  и абсолютно неупруго ударяется о вертикальную массивную стенку. Найдите количество теплоты, выделившейся при ударе.



212 Скорость брошенного мяча непосредственно перед ударом о стену была вдвое больше его скорости сразу после удара. При ударе выделилось количество теплоты, равное 18 Дж. Найдите кинетическую энергию мяча перед ударом.

213 Скорость мяча непосредственно перед ударом о стену была вдвое больше его скорости сразу после удара. Какое количество теплоты выделилось при ударе, если перед ударом кинетическая энергия мяча равна 12 Дж?

214 Пуля, пробив стену, полетела дальше, при этом скорость пули уменьшилась вдвое. При ударе выделилось количество теплоты 120 Дж. Какова кинетическая энергия пули перед ударом?

215 Шарик массой 100 г падает с высоты 10 м с нулевой начальной скоростью. К моменту падения на Землю потеря полной энергии за счет сопротивления воздуха составила 10 %. Какова кинетическая энергия шарика в этот момент?

216 Стальной шарик массой 0,02 кг, падая с высоты 1 м на стальную плиту, отскакивает от нее на высоту 0,8 м. Найдите количество теплоты  $Q$ , выделившейся при ударе.

217 Свинцовый шар массой 200 г, движущийся со скоростью 4 м/с, сталкивается с неподвижным шаром из воска массой 300 г, после чего оба шара движутся вместе. Определите количество выделившегося тепла. Удар центральный.

218 Шар массой 4 кг движется со скоростью 5 м/с навстречу шару массой 1 кг. После центрального неупругого удара общая скорость шаров оказалась 3 м/с. Определите изменение внутренней энергии шаров.

219 Пластилинный шарик массой 10 г, летевший горизонтально, сталкивается с неподвижным телом массой 30 г, лежащим на абсолютно гладкой горизонтальной поверхности, и прилипает к нему. Какая часть механической энергии шарика перешла в тепловую энергию при столкновении?

220 Движущийся шар массой  $m$  сталкивается с неподвижным шаром массой  $2m$ . После удара движущийся шар останавливается, а неподвижный движется в том же направлении со скоростью вдвое меньшей. Найдите кинетическую энергию движущегося шара до удара, если при ударе выделилось количество теплоты 15 Дж.

221 Шарик, движущийся по гладкой горизонтальной поверхности, налетает на лежащий неподвижно на той же поверхности более тяжелый шарик тех же размеров массой 400 г. В результате частично неупругого удара первый шарик остановился, а 75% первоначальной кинетической энергии первого шарика перешло во внутреннюю энергию. Какова масса первого шарика?

222 Движущийся свинцовый шар столкнулся с неподвижным шаром из воска, после чего оба шара стали двигаться вместе. Какая часть механической энергии

свинцового шара перешла в тепловую энергию при столкновении? Масса свинцового шара в 9 раз больше массы шара из воска. Удар центральный.

223 Тело, движущееся с некоторой скоростью, обладает кинетической энергией 150 Дж. Оно сталкивается с неподвижным телом и после неупругого удара тела движутся вместе. Во сколько раз отличаются массы тел, если при столкновении выделилось 60 Дж теплоты?

224 Пуля, масса которой  $m$ , пробивает брусок массой  $M$ , покоящийся на гладкой горизонтальной плоскости. Пуля подлетает к бруску со скоростью  $v$ , а вылетает из него со скоростью  $v/2$ . Какое количество теплоты выделится при движении пули в бруске? Скорость пули направлена горизонтально.

225 Найти количество теплоты, которое выделится при абсолютно неупругом ударе двух тел массами  $m_1 = 0,2$  кг и  $m_2 = 0,3$  кг, которые до удара двигались перпендикулярно друг другу со скоростями  $v_1 = 20$  м/с и  $v_2 = 10$  м/с соответственно.

226 Пуля и деревянный шар массами  $M$  и  $2M$  движутся в горизонтальной плоскости во взаимно перпендикулярных направлениях со скоростями  $2v$  и  $v$  соответственно. Какое количество теплоты выделится после того, как пуля попадет в шар и застрянет в нем? Удар центральный.

227 Решите предыдущую задачу при условии, что пуля пробивает шар и движется в прежнем направлении со скоростью  $v$ .

228 Пуля массой 10 г, летящая горизонтально, попадает в шар массой 10 г, подвешенный на невесомой нити, и застревает в нем. Расстояние от точки подвеса нити до центра шара равно 1,6 м. Найдите скорость пули до удара, если известно, что нить с шаром отклонилась на угол  $60^\circ$  от вертикали (рис. 14).

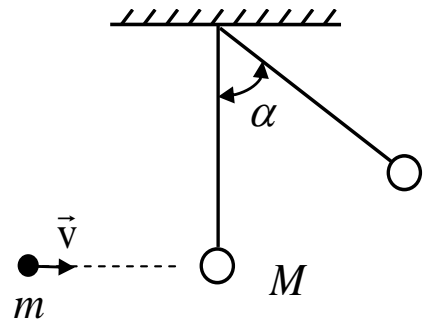


Рис. 14

229 В шар, подвешенный на нити длиной 0,4 м, масса которого 0,5 кг, попадает пуля массой 4 г, летящая с горизонтальной скоростью 500 м/с. Пройдя через шар, она продолжает движение в том же направлении со скоростью 250 м/с. На какой угол от вертикали отклонится нить с шаром?

230 Пуля массой 5 г, имеющая скорость 60 м/с, попадает в шар массой 45 г, подвешенный на нити, и застревает в нем. При какой наибольшей длине нити шар совершит полный оборот, двигаясь по окружности в вертикальной плоскости?

231 Решите предыдущую задачу при условии, что шар подвешен на невесомом стержне.

232 Граната, летевшая горизонтально со скоростью 15 м/с, разорвалась на две части массами 1,5 кг и 2,5 кг. Большая часть гранаты полетела в прежнем направлении движения со скоростью 30 м/с. Определите энергию, затраченную на разрыв гранаты.

233 Граната массой  $2M$ , движущаяся со скоростью  $v$ , разорвалась на две равные части, одна из которых получила скорость  $v$  в направлении, перпендикулярном первоначальному. Какая энергия затрачена на разрыв гранаты?

234 На покоящийся шар массой  $m$  налетает со скоростью 1,5 м/с шар массой  $2m$ . Считая удар абсолютно упругим и центральным, определите скорости шаров после столкновения.

235 Два шара массой 1 и 2 кг движутся поступательно вдоль горизонтальной прямой в одном направлении со скоростями 7 и 1 м/с соответственно. Определите после абсолютно упругого центрального удара проекции скоростей шаров на первоначальное направление их движения.

236 Пять одинаковых шаров, центры которых лежат на одной прямой, находятся на небольшом расстоянии друг от друга. С крайним шаром соударяется такой же шар, имеющий скорость 10 м/с и движущийся вдоль прямой, соединяющей центры шаров. Найдите скорость последнего шара, считая соударения шаров абсолютно упругими.

237 Два шарика, массы которых  $m_1 = 100$  г и  $m_2 = 300$  г, подвешены на одинаковых нитях длиной 80 см (рис. 15). Первый шарик отклонили от положения равновесия на угол  $90^\circ$  и отпустили. На какую высоту поднимется второй шарик после абсолютно упругого соударения?

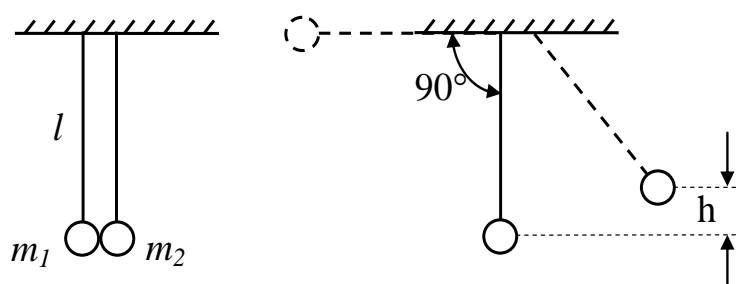


Рис. 15

238 Ящик с песком массой 10 кг стоит на гладкой горизонтальной плоскости. Он соединен с вертикальной стеной пружиной жесткостью 200 Н/м (рис. 16). На сколько сожмется пружина, если пуля, летящая горизонтально со скоростью 500 м/с, попадет в ящик и застрянет в нем? Масса пули 0,01 кг.

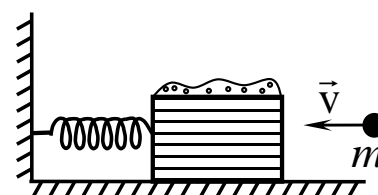


Рис. 16

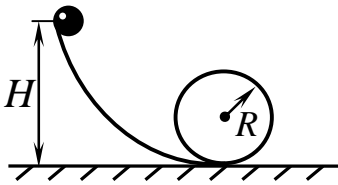
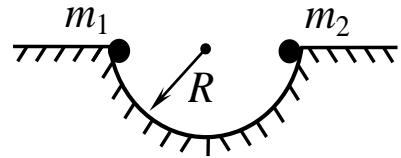


Рис. 17

239 Шарик может скользить без трения по жёлобу, изображенному на рис. 17. С какой минимальной высоты  $H$  должен соскальзывать шарик, чтобы он в течение одного полного оборота не оторвался от поверхности желоба? Радиус закругления желоба равен  $R$ .

240 Два небольших тела, отношение масс которых равно 3, одновременно начинают оскальзывать внутрь гладкой полусферы радиусом  $R$  (рис. 18). Происходит абсолютно неупругий удар. Определите максимальную высоту подъема тел после удара.



с

Рис. 18

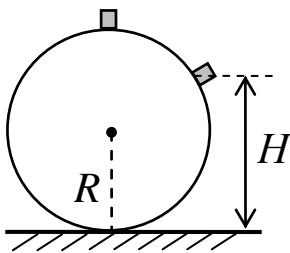


Рис. 19

241 С верхней точки гладкого закрепленного шара радиусом  $R$  соскальзывает небольшое тело без начальной скорости (рис. 19). На какой высоте  $H$  тело оторвется от поверхности шара? Какую минимальную скорость нужно сообщить телу, покоящемуся на вершине шара, чтобы оно сразу оторвалось от поверхности шара?

242 Небольшое тело массой  $M$  лежит на вершине гладкой полусферы радиусом  $R$ . В тело попадает маленький пластилиновый шарик массой  $m$ , двигавшийся горизонтально со скоростью  $v$ , и прилипает к телу (рис. 20). Пренебрегая смещением тела во время удара, определите высоту, на которой оно оторвется от поверхности полусферы. При какой скорости шарика тело сразу оторвется от полусферы?

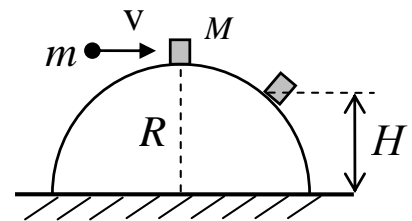


Рис. 20

243 Шар массой 0,5 кг удерживается на высоте  $h = 1$  м над столиком, укрепленным на пружине (рис. 21). Шар свободно падает на столик из состояния покоя. Найдите максимальное сжатие  $l$  пружины, если ее жесткость  $k = 1100$  Н/м. Массами пружины и столика пренебечь. Удар абсолютно неупругий.

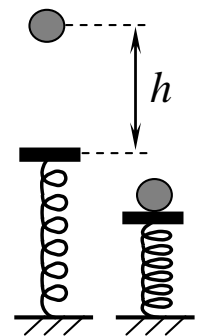


Рис. 21

244 Пластилиновый шар массой 250 г удерживается на высоте  $h = 1,2$  м над столиком, укрепленным на пружине (рис. 21). Шар отпускают, и в результате падения шара на столик пружина сжимается. Определите максимальную скорость при движении шара. Жесткость пружины  $k = 25$  Н/м. Массами пружины и столика пренебечь.

245 Два тела массами  $m_1 = 1$  кг и  $m_2 = 2$  кг привязаны к веревке, перекинутой через неподвижный блок (рис. 22). Первое тело лежит на столе, а второе удерживают на высоте  $H = 30$  см над столом. Второе тело отпускают, и система начинает двигаться. На какую максимальную высоту над столом поднимется первое тело после падения второго тела на стол?

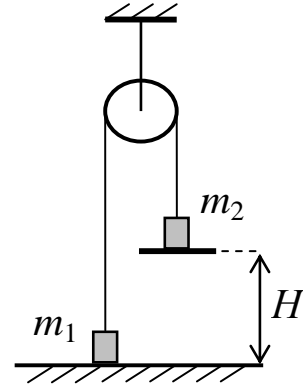


Рис. 22

246 Пуля массой  $m = 9$  г, летевшая вертикально вверх со скоростью  $v = 200$  м/с, пробила лежавшую на двух столах доску массой  $M = 0,27$  кг. При этом доска подпрыгнула на высоту  $h = 0,2$  м над уровнем столов. Какое количество тепла выделилось при прохождении пули через доску?

247 Из винтовки произведен выстрел вертикально вверх. Свинцовая пуля массой  $m = 10$  г вылетает со скоростью  $v_0 = 300$  м/с и на высоте  $h = 500$  м попадает в такую же пулю, летящую горизонтально со скоростью  $v_2 = 250$  м/с. Какое количество теплоты выделилось при абсолютно неупругом ударе?

248 При реакции синтеза  ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$  образуется ядро гелия  ${}^4_2\text{He}$  и нейтрон и выделяется 17,6 МэВ энергии. Какую кинетическую энергию уносит нейтрон, если суммарный импульс исходных частиц равен нулю, а их кинетическая энергия пренебрежимо мала по сравнению с выделившейся?

249 Из закрепленной пушки, ствол которой установлен под углом  $30^\circ$  к горизонту, производят выстрел. Снаряд поднимается на максимальную высоту 500 м. Найдите среднее давление пороховых газов на снаряд при выстреле. Длина ствола  $l = 3$  м, масса снаряда  $m = 9$  кг, площадь поперечного сечения ствола  $S = 10^2$  см<sup>2</sup>.

250 На горизонтальном столе лежат два тела, каждое массой  $m = 5$  кг, соединенные недеформированной пружиной жесткостью  $k = 15$  Н/м. Какую наименьшую скорость  $u_0$ , направленную вдоль оси пружины, следует сообщить одному из тел, чтобы другое пришло в движение? Коэффициенты трения скольжения тел по плоскости одинаковы и равны  $\mu = 0,1$ .

251 На горизонтальной поверхности лежат два бруска массами  $m_1 = 2$  кг и  $m_2 = 3$  кг, соединенные между собой легкой пружиной. В брусок массой  $m_1$  попадает пуля массой  $m = 10$  г, летящая со скоростью  $v_0 = 500$  м/с вдоль пружины, и застревает в бруске (рис. 23). Какую максимальную скорость приобретёт брусок массой  $m_2$ ? Трения нет. Пружина в начальный момент не деформирована.

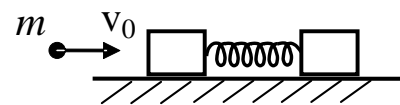


Рис. 23

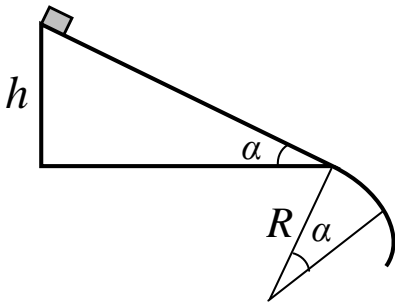


Рис. 24

252 Шероховатая наклонная плоскость, составляющая  $\alpha = 30^\circ$  с горизонтом, плавно переходит в гладкую цилиндрическую поверхность радиуса  $R$  (рис. 24). Шайба, соскальзывающая с высоты  $h = R$ , проходит по цилиндрической поверхности до момента отрыва от нее угловой путь, равный  $\alpha$ . Найти коэффициент трения между шайбой и наклонной плоскостью

253 Маленький брусок массой  $m = 2$  кг наезжает на гладкую горку массой  $M = 8$  кг, покоящуюся на гладком столе (рис. 25). На какую максимальную высоту от поверхности стола по поверхности горки поднимется брусок, если его начальная скорость у основания горки  $v_0 = 2$  м/с?

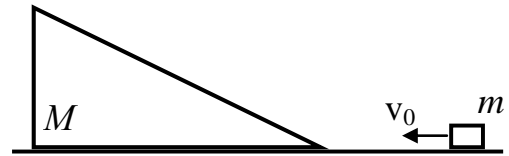


Рис. 25

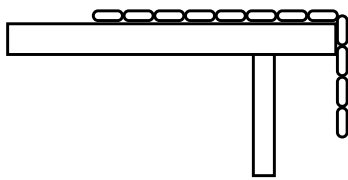


Рис. 26

254 Цепочка длиной  $l = 0,6$  м лежит так, что один ее конец свешивается со стола (рис. 26). Цепочка начинает соскальзывать, когда свешивающаяся часть составляет  $1/3$  ее длины. Какую скорость будет иметь цепочка к моменту ее полного соскальзывания со стола? На краю стола имеется гладкое закругление малого радиуса.

255 Определите КПД установки, если при совершении полезной работы 850 Дж установка потребила 3,4 кДж энергии.

256 Подъемное устройство, КПД которого 45 %, совершило 720 Дж полезной работы. Какую энергию при этом затратило подъемное устройство?

257 Мотор электровоза при движении со скоростью 72 км/ч потребляет мощность 800 кВт. Коэффициент полезного действия силовой установки электровоза 0,8. Определите силу тяги мотора.

258 Определите КПД двигателя механизма, имеющего мощность 500 кВт и движущегося с постоянной скоростью 10 м/с при силе сопротивления движению 20 кН.

259 Какова мощность двигателя подъемного крана, поднимающего равномерно со скоростью 0,1 м/с груз массой 4 т, при общем КПД установки 40 %.

260 Подъемный кран равномерно поднимает груз массой 1,5 т. Мощность двигателя крана 7,5 кВт. Определите скорость подъема груза, если КПД установки 60 %.

261 С помощью неподвижного блока груз массой 180 кг поднимают на веревке с постоянной скоростью. Каков коэффициент полезного действия блока, если за другой конец веревки тянут с силой 2000 Н?

262 К свободному концу верёвки, перекинутой через неподвижный блок, прикладывают силу 400 Н, чтобы равномерно поднимать груз. Чему равна масса груза, если коэффициент полезного действия этого блока равен 95 %?

263 Какую силу необходимо приложить к свободному концу верёвки, чтобы с помощью неподвижного блока равномерно поднять груз массой 30 кг, если коэффициент полезного действия этого механизма равен 75 %?

264 Угол наклона плоскости к горизонту равен  $30^\circ$ . Вверх по этой плоскости тащат ящик массой 90 кг, прикладывая к нему силу, направленную параллельно плоскости и равную 600 Н (рис. 27). Чему равен коэффициент полезного действия наклонной плоскости?

265 Вверх по наклонной плоскости перемещают груз, прикладывая к нему силу, направленную параллельно плоскости и равную 700 Н (рис. 27). Угол наклона плоскости к горизонту  $\alpha = 30^\circ$ . Чему равна масса груза, если коэффициент полезного действия наклонной плоскости при этом движении составляет 85 %?

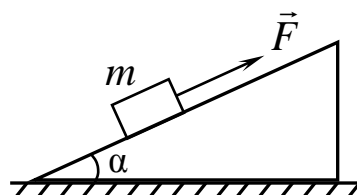


Рис. 27

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 **Мякишев, Г.Я.** Физика. 10 и 11 кл. : учебник для общеобразовательных учебных учреждений / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский. – М. : Просвещение, 2015.
- 2 **Рымкевич, А.П.** Физика. Задачник. 10–11 кл. : пособие для общеобразовательных учебных учреждений / А.П. Рымкевич. – М. : Дрофа, 2015.
- 3 **Кашина, С.И.** Сборник задач по физике : учеб. пособие / С.И. Кашина, Ю.И. Сезонов. – М. : Высш. шк., 2010.
- 4 **Демидова, М.Ю.** ЕГЭ 2017. Физика : типовые экзаменационные материалы / М.Ю. Демидова, В.А. Грибов, А.И. Гиголо. – М. : Национальное образование, 2016.

**ОТВЕТЫ**

- 1 6 кг·м/с, уменьшится  
в 1,6 раза
- 2 в 3,5 раза
- 3 а)  $p_{12} = 6 \cdot 10^3$  кг·м/с  
 $p_{21} = 7,5 \cdot 10^3$  кг·м/с  
б)  $p_{12} = 30 \cdot 10^3$  кг·м/с  
 $p_{21} = 37,5 \cdot 10^3$  кг·м/с
- 4 -0,48 кг·м/с
- 5  $p_{12x} = -0,75$  кг·м/с
- 6  $p_{12x} = 17,5$  кг·м/с  
 $p_{21x} = -7$  кг·м/с
- 7 а) 2 кг·м/с  
б) 2,8 кг·м/с  
в) 2,8 кг·м/с  
г) 2,8 кг·м/с  
д) 2,8 кг·м/с
- 8 2,4 кг·м/с
- 9 9 кг·м/с
- 10 Уменьшился  
на  $13 \cdot 10^3$  кг·м/с
- 11 Уменьшился  
на 0,96 кг·м/с
- 12 0,6 кг·м/с
- 13 2 кг·м/с  
2,8 кг·м/с  
4 кг·м/с
- 14 4,8 кг·м/с
- 15 0,1 кг·м/с  
0,14 кг·м/с  
0,17 кг·м/с  
0,2 кг·м/с
- 16 1,7 кг·м/с; от стены  
горизонтально
- 17 2,4 кг·м/с
- 18 4 кг·м/с
- 19 0,4 кг·м/с
- 20 100 кг
- 21 2 с
- 22 750 кН
- 23 4 Н; 0,04 кг·м/с
- 24 20 Н
- 25 15 Н
- 26 0 кг·м/с  
0,08 кг·м/с  
0,04 кг·м/с  
0,06 кг·м/с
- 27 8 кг·м/с
- 28 1,25 м/с
- 29 10000 т
- 30 1 м/с
- 31 0,4 м/с
- 32 2,5 м/с
- 33 0 м/с, вагоны  
остановятся
- 34 1,2 кг
- 35 0,5 м/с, в прежнем  
направлении
- 36 2 м/с
- 37 0,04 м/с
- 38 250 м/с
- 39 9 см/с
- 40 0,02 м/с
- 41 0,16 м/с; 0,13 м/с
- 42 12,5 м/с; в обратном  
направлении
- 43 5 м/с
- 44 а) 5,75 м/с б) 4,25 м/с
- 45 а) -1 м/с б) 2,3 м/с
- 46  $u = v$
- 47  $u = \frac{Mv}{M-m}$
- 48 20 км/ч
- 49 3,5 м/с
- 50 0,75 кг
- 51 0,36 кг
- 52  $u = \frac{2}{5} v$
- 53 0,75 м/с, вправо
- 54 5 кг·м/с; 5 м/с; 53°
- 55 а) 0,1 м/с  
б) 0,2 м/с  
в) 0,14 м/с
- 56 1,25 м/с; под углом  
37° к направлению  
движения первого  
тела
- 57 8 м/с
- 58 1,3 м/с
- 59 45°
- 60 0,57 м/с
- 61 Уменьшилась  
на 0,05 м/с
- 62 10 кг·м/с
- 63 200 г
- 64 0,05 м/с
- 65 0,04 м/с
- 66 7 м/с
- 67 0,1 м/с
- 68 0,125 м/с,  
в обратную сторону
- 69 5 м/с
- 70 1,25
- 71 60°
- 72 2 кг·м/с
- 73  $v_1 = \frac{v}{\sqrt{3}}$ ;  $v_2 = \frac{2v}{\sqrt{3}}$
- 74 100 м/с
- 75  $v_1 = v + \frac{m \cdot u}{M + m}$   
 $v_2 = v$   
 $v_3 = v - \frac{m \cdot u}{M + m}$
- 76 4 м
- 77 1 м
- 78 0,05 м
- 79 10 с
- 80 12 м/с
- 81 1,25 м
- 82 0,05 м/с
- 83 5 м/с
- 84 50 м/с
- 85  $S = \frac{m \cdot v}{M - m} \sqrt{\frac{2H}{g}}$
- 86  $S = 3v \sqrt{\frac{2h}{g}}$
- 87 7 м/с; 3 м/с
- 88 а) 6,8 м/с; 68°  
б) 3,4 м/с; 43°



89	2 с	127	0,6 Дж	170	3 кВт
90	Увеличится в 9 раз	128	20 кг	171	7,5 кВт
91	Уменьшится в 2 раза	129	60 кДж; 180 кДж	172	8 м/с
92	На 180 Дж	130	30 Дж	173	120 кВт
93	4 м/с	131	0,75 Дж	174	76 Дж
94	$p_1/p_2 = 5; E_{к1}/E_{к2} = 2$	132	62,5 Дж	175	10 м
95	1 Дж	133	660 кДж	176	36,8 Дж
96	0,2 кг	134	7 Дж	177	7 м/с
97	3 кг·м/с	135	1 кг	178	15 Дж
98	36 Дж	136	6 м/с	179	12 м/с
99	50 м	137	40 Дж	180	125 м
100	4 м	138	30 Н	181	3 Дж
101	2,9 м	139	10 м/с	182	16,8 м
102	4 м	140	1,2 Н	183	5 м
103	а) $E_1 = 0,2$ Дж, $E_2 = 0$ Дж, $E_3 = 0,3$ Дж; б) $E_1 = 0,1$ Дж, $E_2 = -0,2$ Дж, $E_3 = 0$ Дж	141	330 Н	184	2,5 м
104	0,5 Дж	142	21 Н	185	8,5 м/с
105	1 Дж	143	63 кН	186	1,5 м
106	1250 Н/м	144	12,5 кН	187	3 м/с
107	В 4 раза	145	208 Н	188	50 Дж
108	$\frac{E_1}{E_2} = \frac{(k_1 + k_2)^2}{k_1 \cdot k_2}$	146	60 Н	189	$\sqrt{2gh}$
109	866 Дж	147	40 кг	190	4 м/с
110	3 кДж	148	6 м/с	191	3 м/с
111	1,47 кДж	149	4 м	192	40 см
112	2,5 МДж	150	4,5 м	193	5,86 м/с <sup>2</sup>
113	15 Дж	151	6 м	194	10 м/с <sup>2</sup>
114	110 Дж	152	38,4 Дж	195	60 Н
115	1 Дж; 0	153	$A = \frac{mv_0^2(m+M)}{2M}$	196	28 Н
116	42,4 Дж	154	300 Дж	197	6 м/с
117	3 м/с <sup>2</sup>	155	22,4 Дж	198	5 м/с
118	$A_2 - A_1 = 14$ Дж	156	69,2 Дж	199	20 см
119	25,5 кДж	157	20 м	200	6 м/с
120	1000 Дж	158	10 см	201	10 м
121	1,8 м	159	5 см	202	40 м
122	500 Дж	160	1,5 м	203	4 м/с
123	4,14 Дж	161	17,6 кН; 10,2 см	204	15 Дж
124	0,5 Дж	162	0,64 м	205	32 Дж
125	2 Дж	163	1,3 м	206	45°
126	12,5 Дж	164	10,5 кВт	207	80 см
		165	900 кН	208	8 м/с
		166	30 кВт	209	2 см
		167	1,2 кВт	210	4 см
		168	2,5 кВт	211	25 Дж
		169	10 Вт	212	24 Дж
				213	9 Дж

214	160 Дж	232	750 Дж	245	40 см
215	9 Дж	233	$Mv^2$	246	91 Дж
216	0,04 Дж	234	0,5 м/с; 2 м/с	247	356 Дж
217	0,96 Дж	235	-1 м/с; 5 м/с	248	14,1 МэВ
218	40 Дж	236	10 м/с	249	$6 \cdot 10^6$ Па
219	0,75	237	20 см	250	1 м/с
220	30 Дж	238	11 см	251	2 м/с
221	100 г	239	2,5R	252	0,64
222	0,1		$h = \frac{R}{4}$	253	0,16 м
223	В 1,5 раза	240	$H = \frac{5}{3}R$	254	2 м/с
224	$Q = \frac{mv^2}{8M}(3M - m)$	241	$v = \sqrt{gR}$	255	25 %
225	30 Дж		$\frac{m^2 v^2}{(m + M)^2 3g} + \frac{2}{3}R$	256	1,6 кДж
226	$Q = \frac{5}{3}Mv^2$	242	$\frac{(m + M)\sqrt{gR}}{m}$	257	32 кН
227	$Q = \frac{5}{4}Mv^2$			258	40 %
228	100 м/с			259	10 кВт
229	$60^\circ$	243	0,1 м	260	0,3 м/с
230	72 см	244	5 м/с	261	90 %
231	90 см			262	38 кг
				263	400 Н
				264	75 %
				265	119 кг

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

Закон сохранения импульса.....	3
Основные понятия, законы и формулы .....	3
Задачи для самостоятельного решения .....	3
Механическая энергия. Работа силы.....	12
Основные понятия, законы и формулы .....	12
Задачи для самостоятельного решения .....	14
Закон сохранения энергии.....	21
Основные понятия, законы и формулы .....	21
Задачи для самостоятельного решения .....	22
Библиографический список.....	31
Ответы .....	32

*Учебное издание*

**Шевченко** Наталья Борисовна  
**Митькина** Елена Борисовна  
**Латоха** Яна Валерьевна  
**Тимошевская** Вера Владимировна

## **ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ В МЕХАНИКЕ**

Печатается в авторской редакции

Технический редактор М.А. Гончаров

Подписано в печать 08.12.16. Формат 60×84/16.  
Бумага газетная. Ризография. Усл. печ. л. 2,09.  
Тираж        экз. Изд. № 50144. Заказ        .

Редакционно-издательский центр ФГБОУ ВО РГУПС.

---

Адрес университета: 344038, г. Ростов н/Д, пл. Ростовского Стрелкового Полка  
Народного Ополчения, 2.