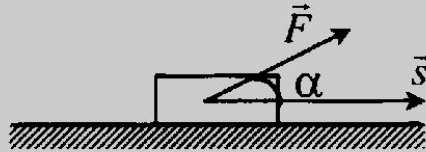


Работа и мощность

Механическая работа



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

где F (Н) — модуль силы,

s (м) — модуль перемещения,

α — угол между направлениями силы и перемещения.

Учитите: работа силы трения скольжения

$$A = F_{\text{тр}} \cdot l,$$

где l (м) — пройденный путь.

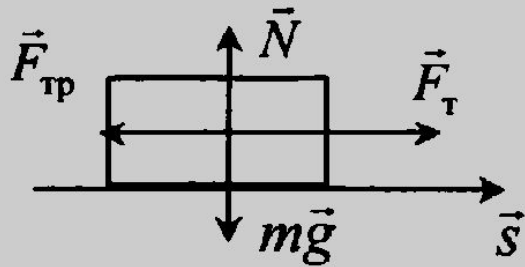
Единица измерения работы — джоуль

$$1 \text{ Дж} = 1 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Условия совершения механической работы

- На тело действует сила.
- Под действием этой силы тело перемещается.
- $\alpha \neq 90^\circ$

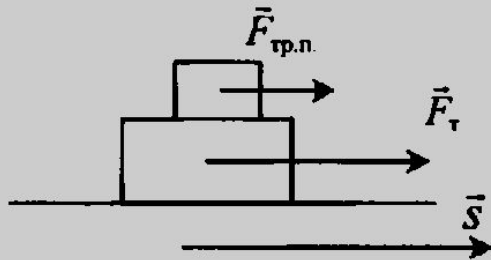
Определение знака



$$A(F_{\tau}) > 0 \quad A(F_{\text{тр}}) < 0$$

$$A(N) = 0 \quad A(mg) = 0$$

Учтите: работа силы трения скольжения всегда отрицательна, так как $\vec{F}_{\text{тр.ск.}} \uparrow \downarrow \vec{s}$, $\cos(180^\circ) = -1$

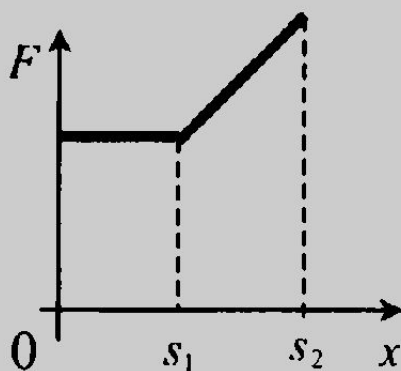


Работа силы трения покоя может быть положительной в тех случаях, когда $\vec{F}_{\text{тр.п.}} \uparrow \uparrow \vec{s}$

Механическая работа

Геометрический смысл механической работы. Механическая работа численно равна площади фигуры под графиком в осях (F, x) :

$$A = S_{\text{фиг.}}$$



Задачи

A38. Мальчик тянет санки за верёвку с силой 50 Н. Пройдя с санками 100 м, он совершил работу 2500 Дж. Каков угол между верёвкой и дорогой?

1) 90°

2) 45°

3) 60°

4) 30°

A39. Груз массой 1 кг под действием силы 30 Н, направленной вертикально вверх, поднимается на высоту 2 м. Работа этой силы равна

1) 0 Дж

2) 20 Дж

3) 40 Дж

4) 60 Дж

Задачи

A40. Мужчина с помощью троса достал ведро из колодца глубиной 10 м. Масса ведра 1,5 кг, а масса воды в ведре — 10 кг. Чему равна минимальная работа мужчины?

1) 1150 Дж

2) 1300 Дж

3) 1000 Дж

4) 850 Дж

A41. С помощью динамометра, расположенного под углом 30° к горизонтальной поверхности, равномерно перемещают брусок массой 100 г на расстояние, равное 20 см. Определите работу равнодействующей всех сил.

1) 0 Дж

2) 0,01 Дж

3) 0,02 Дж

4) 0,03 Дж

Виды механической энергии

Если тело может совершить механическую работу, то оно обладает *механической энергией* E (Дж).

Виды механической энергии: кинетическая и потенциальная.

Кинетическая энергия — энергия движущихся тел:

$$E_k = \frac{mv^2}{2},$$

где v (м/с) — модуль мгновенной скорости.

Потенциальная энергия — энергия взаимодействующих тел.

Примеры потенциальной энергии в механике

Тело поднято над землёй:

$$E_p = mgh,$$

где h — высота, определяемая от нулевого уровня (или от нижней точки траектории).

Упруго деформированное тело:

$$E_p = \frac{kx^2}{2},$$

Задачи

A45. Хоккейная шайба массой 160 г летит со скоростью 36 км/ч. Какова её кинетическая энергия?

1) 1,6 Дж

2) 104 Дж

3) 0,8 Дж

4) 8 Дж

A46. Тележка движется со скоростью 3 м/с. Её кинетическая энергия равна 27 Дж. Какова масса тележки?

1) 6 кг

2) 9 кг

3) 18 кг

4) 81 кг

Задачи

A47. Для того чтобы увеличить кинетическую энергию тела в 9 раз, надо скорость тела увеличить в

1) 81 раз

2) 9 раз

3) 3 раза

4) $\sqrt{3}$ раз

A48. Кинетическая энергия тела 8 Дж, а величина импульса 4 кг·м/с. Масса тела равна

1) 0,5 кг

2) 1 кг

3) 2 кг

4) 32 кг

Задачи

В49. Камень брошен вверх под углом к горизонту. Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. Как меняются с набором высоты модуль ускорения камня, его кинетическая энергия и горизонтальная составляющая его скорости? Установите соответствие между пунктами левого и правого столбцов.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) Модуль ускорения камня
- Б) Кинетическая энергия камня
- В) Горизонтальная составляющая скорости камня

ИХ ИЗМЕНЕНИЕ

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Задачи

A51. Мальчик подбросил футбольный мяч массой 0,4 кг на высоту 3 м. На сколько изменилась потенциальная энергия мяча?

- 1) 4 Дж 2) 12 Дж 3) 1,2 Дж 4) 7,5 Дж

A52. Потенциальная энергия взаимодействия с Землёй гири массой 5 кг увеличилась на 75 Дж. Это произошло в результате того, что гирию

- 1) подняли на 1,5 м 2) опустили на 1,5 м
3) подняли на 7 м 4) опустили на 7 м

Задачи

В53. Камень уронили с крыши. Как меняются по мере падения камня модуль его ускорения, потенциальная энергия в поле тяжести и модуль импульса? Сопротивление воздуха не учитывать. Установите соответствие между пунктами левого и правого столбцов.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) Модуль ускорения камня
- Б) Потенциальная энергия камня
- В) Модуль импульса камня

ИХ ИЗМЕНЕНИЕ

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Задачи

В54. Брусок скользит по наклонной плоскости вниз без трения. Что происходит при этом с его скоростью, потенциальной энергией, силой реакции наклонной плоскости? Установите соответствие между пунктами левого и правого столбцов.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) Скорость
- Б) Потенциальная энергия
- В) Сила реакции наклонной плоскости

ИХ ИЗМЕНЕНИЕ

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Задачи

A56. Как изменится потенциальная энергия упруго деформированного тела при увеличении его деформации в 3 раза?

- | | |
|------------------------|------------------------|
| 1) Увеличится в 9 раз | 2) Увеличится в 3 раза |
| 3) Уменьшится в 3 раза | 4) Уменьшится в 9 раз |

A57. При растяжении пружины на 0,1 м в ней возникает сила упругости, равная 2,5 Н. Определите потенциальную энергию этой пружины при растяжении на 0,08 м.

- | | |
|------------|------------|
| 1) 25 Дж | 2) 0,16 Дж |
| 3) 0,08 Дж | 4) 0,04 Дж |

Мощность

Мощность — физическая величина, показывающая, какую работу совершает тело за единицу времени (или какую энергию вырабатывает тело за единицу времени).

Обозначение	N (в механике) или P (в других разделах)
Основная формула	$N = \frac{A}{t}$
Единица измерения в СИ	$1 \text{ Вт} = \frac{1 \text{ Дж}}{1 \text{ с}}$
Мгновенная мощность	$N_{\text{мгн}} = F_{\text{т}} \cdot v_{\text{мгн}}$

Задачи

A58. Мощность (мощность силы)

- 1) в том случае больше, когда сила совершает ту же работу за меньшее время
- 2) в том случае больше, когда сила совершает ту же работу за большее время
- 3) в том случае больше, когда сила совершает меньшую работу за то же время
- 4) не существующее понятие

A59. Механическая мощность, развиваемая двигателем автомобиля, равна 100 кВт. Какую работу совершает двигатель за 1 с?

- | | |
|------------|-------------|
| 1) 100 Дж | 2) 10000 Дж |
| 3) 100 кДж | 4) 1000 кДж |

Задачи

A60. Под действием силы тяги 1000 Н автомобиль движется с постоянной скоростью 72 км/ч . Мощность двигателя равна

- 1) 10 кВт 2) 20 кВт 3) 40 кВт 4) 72 кВт

A61. Лебёдка равномерно поднимает груз массой 200 кг на высоту 3 м за 5 с . Чему равна мощность лебёдки?

- 1) 3000 Вт 2) 333 Вт
3) 1200 Вт 4) 120 Вт

A62. Человек тянет брусок массой 1 кг по горизонтальной поверхности с постоянной скоростью, действуя на него в горизонтальном направлении. Коэффициент трения между бруском и поверхностью $0,1$. Скорость движения бруска равна 10 м/с . Какую мощность развивает человек, перемещая груз?

- 1) $0,1\text{ Вт}$ 2) 100 Вт 3) 0 Вт 4) 10 Вт

Задачи

A63. Тело массой m скользит по горизонтальной шероховатой поверхности. Коэффициент трения между телом и поверхностью μ . Начальная скорость движения тела равна v . Какую мощность развивала сила трения, действующая на тело в начальный момент времени?

1) 0

2) mgv

3) $+\mu mgv$

4) $-\mu mgv$

Коэффициент полезного действия

$$\eta = \frac{A_{\text{полезн}}}{A_{\text{полн}}} \cdot 100 \% \quad \left(\eta = \frac{A_{\text{полезн}}}{E_{\text{затрач}}} \cdot 100 \% \right) \quad \text{или} \quad \eta = \frac{N_{\text{полезн}}}{N_{\text{полн}}} \cdot 100 \%$$

Частные случаи определения КПД

Устройство	Полезная работа и полная работа (затраченная энергия)	КПД
Неподвижный блок, рычаг	$A_{\text{полезн}} = mgh$ $A_{\text{соверш.}}$	$\eta = \frac{mgh}{A_{\text{соверш.}}} \cdot 100\%$
Наклонная плоскость	$A_{\text{полезн}} = mgh$ $A_{\text{полн}} = F \cdot l$	$\eta = \frac{mgh}{F \cdot l} \cdot 100\%$

Задачи

A65. Определите полезную мощность двигателя, если его КПД 40 %, а мощность по техническому паспорту 100 кВт.

1) 10 кВт

2) 20 кВт

3) 40 кВт

4) 50 кВт

A66. С помощью неподвижного блока, закреплённого на потолке, поднимают груз массой 20 кг на высоту 1,5 м. Какую работу при этом совершают, если КПД блока равен 90 %?

1) 333 Дж

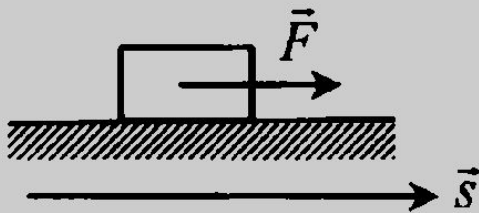
2) 300 Дж

3) 270 Дж

4) 27 Дж

Теорема о кинетической энергии

Вывод формулы из определения механической работы:



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

$$\alpha = 0^\circ; \cos \alpha = 1$$

$$F = ma; s = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}.$$

$$A = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = \Delta E_k.$$

Учтите: v — модуль мгновенной скорости.

Задачи

A69. Скорость автомобиля массой 1 т увеличилась от 10 м/с до 20 м/с. Работа равнодействующей силы равна

1) 150 кДж

2) 200 кДж

3) 250 кДж

4) 300 кДж

A70. Для сообщения неподвижному телу заданной скорости v требуется совершить работу A . Какую работу надо совершить для увеличения скорости этого тела от значения v до значения $2v$?

1) 1 А

2) 2 А

3) 3 А

4) 4 А

Задачи

A71. Шарик массой m движется со скоростью v . После упругого соударения со стенкой он стал двигаться в противоположном направлении, но с такой же по модулю скоростью. Чему равна работа силы упругости, которая подействовала на шарик со стороны стенки?

1) $\frac{mv^2}{2}$

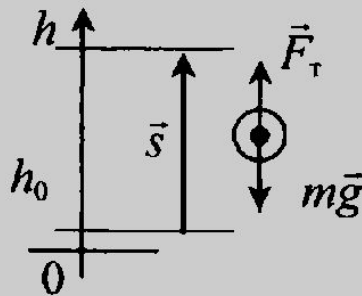
2) mv^2

3) $\frac{mv^2}{4}$

4) 0

Работа и изменение потенциальной энергии, поднятого над землей

Вывод формулы из определения механической работы:



$$A = F s \cos \alpha ,$$
$$\vec{F}_r \uparrow \uparrow \vec{s}; \quad \cos \alpha = 1 ,$$
$$F_r = mg ; \quad s = h - h_0 ,$$
$$A = mg(h - h_0) = \Delta E_p .$$

Учтите: потенциальная энергия протяжённого тела выражается через высоту его *центра масс*. У однородного тела правильной формы он совпадает с геометрическим центром.

Задачи

A74. Лежавшую на столе линейку длиной 0,5 м ученик поднял за один конец так, что она оказалась в вертикальном положении. Какую минимальную работу совершил ученик, если масса линейки 40 г?

1) 0,1 Дж

2) 5 Дж

3) 10 Дж

4) 20 Дж

A75. Человек взялся за конец лежащего на земле однородного стержня длиной 2 м и массой 100 кг и поднял этот конец на высоту 1 м. Какую работу он совершил?

1) 50 Дж

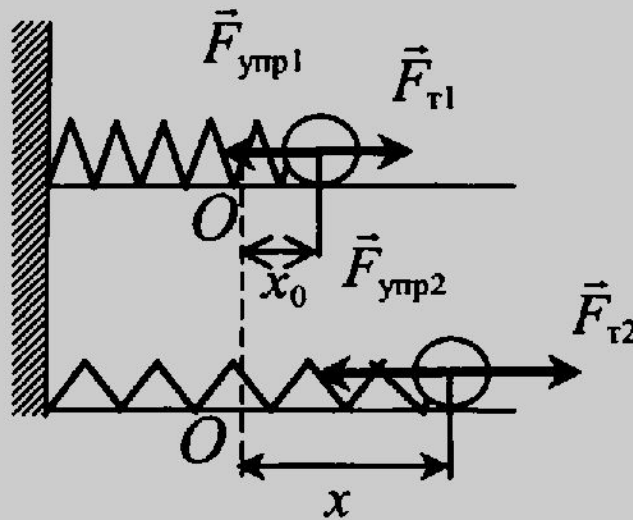
2) 100 Дж

3) 200 Дж

4) 500 Дж

Работа и изменение потенциальной энергии упруго деформированного тела

Вывод формулы из определения механической работы:



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

$$\vec{F}_T \uparrow \uparrow \vec{s}; \cos \alpha = 1$$

$$F_T = F_{\text{упр}} = \frac{kx_0 + kx}{2}$$

$$s = x - x_0$$

$$A = \frac{kx^2}{2} - \frac{kx_0^2}{2} = \Delta E_p$$

Учтите: работа силы тяжести и работа силы упругости не зависят от вида траектории, по замкнутому контуру они равны нулю. Такие силы называют *потенциальными*.

Закон сохранения механической энергии

Полная механическая энергия — это сумма потенциальной и кинетической энергии тела в определенный момент времени:

$$E = E_k + E_p .$$

Закон сохранения механической энергии: *полная энергия замкнутой системы сохраняется:*

$$E_{k0} + E_{p0} = E_k + E_p .$$

Систему называют *замкнутой*, если тела, входящие в неё, взаимодействуют только друг с другом, а влиянием внешних сил можно пренебречь.

Закон сохранения механической энергии для движения в поле тяжести Земли:

$$\frac{mv_0^2}{2} + mgh_0 = \frac{mv^2}{2} + mgh .$$

Задачи

A77. Автомобиль движется равномерно по мосту, перекинутому через реку. Механическая энергия автомобиля определяется

- 1) только его скоростью и массой
- 2) только высотой моста над уровнем воды в реке
- 3) только его скоростью, массой, высотой моста над уровнем воды в реке
- 4) его скоростью, массой, уровнем отсчёта потенциальной энергии и высотой над этим уровнем

A78. Камень брошен вертикально вверх. В момент броска он имел кинетическую энергию 30 Дж. Какую потенциальную энергию относительно поверхности земли будет иметь камень в верхней точке траектории полёта? Сопротивлением воздуха пренебречь.

- | | |
|----------|----------|
| 1) 0 Дж | 2) 15 Дж |
| 3) 30 Дж | 4) 60 Дж |

Задачи

A79. Камень брошен вертикально вверх. В момент броска он имел кинетическую энергию 20 Дж. Какую кинетическую энергию будет иметь камень в верхней точке траектории полёта? Сопротивлением воздуха пренебречь.

1) 0 Дж

2) 10 Дж

3) 20 Дж

4) 40 Дж

A80. Тело массой 1 кг, брошенное вертикально вверх от поверхности земли, достигло максимальной высоты 20 м. С какой по модулю скоростью двигалось тело на высоте 10 м? Сопротивлением воздуха пренебречь.

1) 7 м/с

2) 10 м/с

3) 14,1 м/с

4) 20 м/с

Задачи

A81. Шайба соскальзывает по гладкой наклонной плоскости из состояния покоя с высоты 20 см. У основания наклонной плоскости скорость шайбы равна

1) 0,14 м/с

2) 0,2 м/с

3) 1,4 м/с

4) 2 м/с

A82. Мальчик толкнул санки с вершины горки. Сразу после толчка санки имели скорость 2 м/с, а у подножия горки она равнялась 8 м/с. Трение санок о снег пренебрежимо мало. Какова высота горки?

1) 10 м

2) 8 м

3) 6 м

4) 3 м

Задачи

В83. Шайба массой m съезжает без трения с горки высотой H из состояния покоя. Ускорение свободного падения равно g . Чему равны модуль импульса шайбы и её кинетическая энергия у подножия горки? Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.

ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА

А) Модуль импульса шайбы

Б) Кинетическая энергия шайбы

ФОРМУЛА

1) $\sqrt{2gH}$

2) $m\sqrt{2gH}$

3) mgH

4) mg

Задачи

A85. После удара клюшкой шайба стала скользить вверх по ледяной горке и у её вершины имела скорость 5 м/с . Высота горки 10 м . Если трение шайбы о лёд пренебрежимо мало, то после удара скорость шайбы равнялась

1) $7,5 \text{ м/с}$

2) 15 м/с

3) $12,5 \text{ м/с}$

4) 10 м/с

A86. Автомобиль, двигаясь с выключенным двигателем, на горизонтальном участке дороги имеет скорость 20 м/с . На какую высоту он поднимется до полной остановки вверх по склону горы под углом 30° к горизонту? Трением пренебречь.

1) 10 м

2) 20 м

3) 80 м

4) 40 м

Задачи

A88. Конькобежец, разогнавшись, въезжает на ледяную гору, наклонённую под углом 30° к горизонту и, проезжает до полной остановки 10 м. Какова была скорость конькобежца перед началом подъёма? Трением пренебречь.

1) 5 м/с

2) 10 м/с

3) 20 м/с

4) 40 м/с

A89. Автомобиль движется с выключенным двигателем вверх по склону образующему угол 30° с горизонтом. Начальная скорость автомобиля 30 м/с. Какой будет скорость автомобиля через 50 м перемещения по склону? Трением пренебречь.

1) 5 м/с

2) 10 м/с

3) 20 м/с

4) 30 м/с

Задачи

A90. Закреплённый пружинный пистолет стреляет вертикально вверх. На какую высоту h поднимется пуля, если её масса m , жёсткость пружины k , а деформация перед выстрелом Δl ?

1) $\frac{k(\Delta l)^2}{mg}$

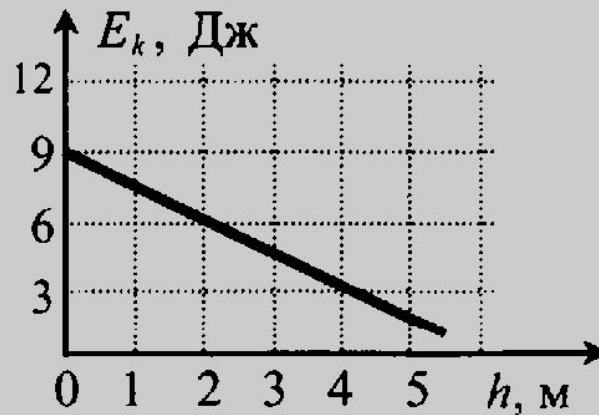
2) $\frac{k(\Delta l)^2}{2mg}$

3) $\frac{2k(\Delta l)^2}{mg}$

4) $\frac{k(\Delta l)^2}{4mg}$

Задачи

A91. Мяч брошен вертикально вверх. На рисунке показан график изменения кинетической энергии мяча по мере его подъёма над точкой бросания. Какова полная энергия мяча на высоте 2 м?

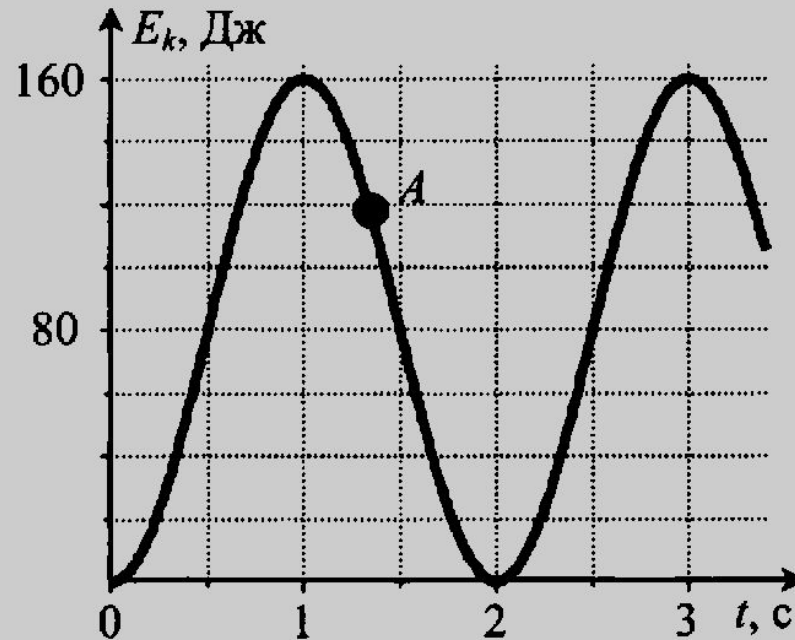


- 1) 1,5 Дж
- 2) 3 Дж
- 3) 6 Дж
- 4) 9 Дж

Задачи

A92. На рисунке представлен график изменения со временем кинетической энергии ребёнка, качающегося на качелях. В момент, соответствующий точке *A* на графике, его потенциальная энергия, отсчитанная от положения равновесия качелей, равна

- 1) 40 Дж
- 2) 80 Дж
- 3) 100 Дж
- 4) 120 Дж



Комбинированные задачи

С93. Груз массой 100 г привязан к нити длиной 1 м. Нить с грузом отвели от вертикали на угол 90° . Каково центростремительное ускорение груза в момент, когда нить образует с вертикалью угол 60° ?

Комбинированные задачи

С94. Нить маятника длиной $l = 1$ м, к которой подвешен груз массой $m = 0,1$ кг, отклонена на угол α от вертикального положения и отпущена. Сила натяжения нити T в момент прохождения маятником положения равновесия равна 2 Н. Чему равен угол α ?

Комбинированные задачи

С95. Шарик скользит без трения по наклонному желобу, а затем движется по «мёртвой петле» радиусом R . С какой силой шарик давит на желоб в нижней точке петли, если масса шарика равна 100 г, а высота, с которой его отпускают, равна $4R$?

Упругий центральный удар (упругое столкновение движущегося тела с неподвижным телом)

Если удар центральный, то направление векторов скоростей после взаимодействия лежат на той же прямой, что и до взаимодействия, поэтому закон сохранения импульса выполняется в проекциях на ось Ox .

Закон сохранения импульса:

$$m_1 v_1 = m_1 v_1' + m_2 v_2' .$$

Закон сохранения энергии:

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} = \frac{m_1 v_1'^2}{2} + \frac{m_2 v_2'^2}{2} .$$

Решив систему уравнений, получаем формулы для расчёта проекций скоростей тел на ось OX после столкновения:

$$v_1' = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v_1;$$

$$v_2' = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} v_1.$$

Анализ полученных формул. Направление движения налетающего шара после столкновения зависит от массы шаров. Если $m_1 > m_2$, то направление сохраняется; модуль скорости равен

$$v_1' = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v_1.$$

Если $m_1 < m_2$, то направление меняется на противоположное; модуль скорости равен

$$v_1' = \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2} v_1.$$

Если $m_1 = m_2$, то налетающее тело останавливается: $v_1' = 0$.

Комбинированные задачи

С99. Брусок массой $m_1 = 600$ г, движущийся со скоростью 2 м/с, сталкивается с неподвижным бруском массой $m_2 = 200$ г. Какой будет скорость первого и второго брусков после столкновения? Удар считать центральным и абсолютно упругим.

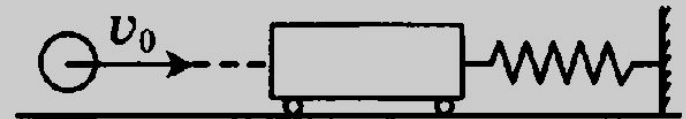
Применение закона сохранения импульса и закона сохранения механической энергии

Если одно тело сталкивается с другим (или пробивает другое), то часть механической энергии переходит во внутреннюю энергию взаимодействующих тел и окружающей среды. Закон сохранения механической энергии «нарушается».

Учтите: законом сохранения механической энергии можно пользоваться только до и после столкновений, а в момент столкновений следует применять закон сохранения импульса.

A104. Пластилиновый шар массой $0,1$ кг имеет скорость 1 м/с. Он налетает на неподвижную тележку массой $0,1$ кг, прикрепленную к пружине, и прилипает к тележке (см. рис.). Чему равна полная механическая энергия системы при её дальнейших колебаниях? Трением пренебречь.

- 1) $0,025$ Дж
- 2) $0,05$ Дж
- 3) $0,5$ Дж
- 4) $0,1$ Дж



Комбинированные задачи

С106. Брусок массой $m_1 = 500$ г соскальзывает по наклонной поверхности с высоты $h = 0,8$ м и, двигаясь по горизонтальной поверхности, сталкивается с неподвижным бруском массой $m_2 = 300$ г. Считая столкновение абсолютно неупругим, определите общую кинетическую энергию брусков после столкновения. Трением при движении пренебречь. Считать, что наклонная плоскость плавно переходит в горизонтальную.

Комбинированные задачи

С107. Пуля, летящая с горизонтальной скоростью 400 м/с, попадает в мешок, набитый поролоном, массой 4 кг, висящий на длинной нити. Высота, на которую поднимется мешок, если пуля застрянет в нём, равна 5 см. Чему равна масса пули?

Превращение механической энергии во внутреннюю

A116. Скорость брошенного 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 была равна 20 Дж?

- | | |
|----------|------------|
| 1) 5 Дж | 2) 10 Дж |
| 3) 15 Дж | 4) 17,5 Дж |

A117. С балкона высотой 20 м на поверхность земли упал мяч массой 0,2 кг. Из-за сопротивления воздуха скорость мяча у поверхности земли оказалась на 20% меньше скорости тела, свободно падающего с высоты 20 м. Импульс тела в момент падения равен

- | | |
|-----------------|-----------------|
| 1) 4 кг · м/с | 2) 4,2 кг · м/с |
| 3) 3,2 кг · м/с | 4) 6,4 кг · м/с |

Превращение механической энергии во внутреннюю

С124. От удара копра массой 450 кг, падающего свободно с высоты 5 м, свая массой 150 кг погружается в грунт на 10 см. Определите силу сопротивления грунта, считая её постоянной, а удар — абсолютно неупругим. Изменением потенциальной энергии сваи пренебречь.