

Законы сохранения в механике

Импульс материальной точки. Импульсом материальной точки называют векторную величину, равную произведению массы точки на ее скорость

$$\vec{p} = m\vec{V}$$

Импульс силы. Импульсом постоянной силы \vec{F} за время Δt называют векторную величину $\vec{F}\Delta t$.

Связь между приращением импульса материальной точки и импульсом силы. Второй закон Ньютона точки может быть сформулирован в виде теоремы об изменении импульса материальной точки: в инерциальной системе отсчета изменение импульса точки за некоторое время Δt равно импульсу действующей на нее силы за это же время

$$\Delta\vec{p} = \vec{F}\Delta t$$

Импульс системы материальных точек. Центр масс системы материальных точек. Импульсом системы материальных точек называют векторную сумму импульсов всех N точек, входящих в систему, то есть

$$\vec{P} = m_1\vec{V}_1 + m_2\vec{V}_2 + \dots + m_N\vec{V}_N = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots + \vec{p}_N$$

Важные закономерности движения системы материальных точек можно установить, используя понятие центра масс системы. Центром масс системы материальных точек называется воображаемая точка, положение которой в заданной системе отсчета определяется радиус-вектором $\vec{r}_{\text{цм}}$, вычисляемым по формуле

$$\vec{r}_{\text{цм}} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^N m_i \vec{r}_i$$

где $M = \sum_{i=1}^N m_i$ — масса системы, m_i — масса i -й точки, \vec{r}_i — ее радиус-вектор. Скорость центра масс находится из выражения

$$\vec{V}_{\text{цм}} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^N m_i \vec{V}_i$$

где \vec{V}_i — скорость i -й точки. Сравнение этих формул показывает, что

$$\vec{P} = M\vec{V}_{\text{цм}}$$

Следовательно, импульс системы материальных точек равен произведению суммарной массы системы на скорость ее центра масс.

Закон сохранения импульса. Закон изменения импульса может быть обобщен на систему материальных точек. Для этого необходимо ввести понятие о внутренних и внешних силах. Внутренними силами называются силы взаимодействия между точками, входящими в систему. Внешними силами называются силы взаимодействия точек системы с телами, не

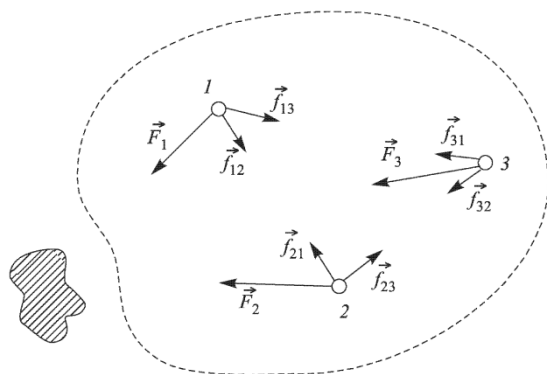


Рисунок 1 Границы системы условно обозначены штриховой линией.

\vec{F}_i — внешние силы, \vec{f}_{ij} — внутренние силы

входящими в систему (рис. 1).

Границы системы условно обозначены штриховой линией.

Записывая для каждой точки системы закон изменения импульса под действием внутренних и внешних сил, получим:

$$\begin{aligned} \Delta\vec{p}_1 &= (\vec{f}_{11} + \vec{f}_{12} + \dots + \vec{f}_{1N} + \vec{F}_1) \cdot \Delta t, \\ \Delta\vec{p}_2 &= (\vec{f}_{21} + \vec{f}_{22} + \dots + \vec{f}_{2N} + \vec{F}_2) \cdot \Delta t, \\ &\vdots \\ \Delta\vec{p}_N &= (\vec{f}_{N1} + \vec{f}_{N2} + \dots + \vec{f}_{N-1N} + \vec{F}_N) \cdot \Delta t \end{aligned}$$

Складывая уравнения системы почленно и учитывая, что согласно третьему закону Ньютона $\vec{f}_{ij} = -\vec{f}_{ji}$, получаем закон изменения импульса системы точек:

$$\Delta\vec{P} = (\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_N) \cdot \Delta t = \vec{F}_{\text{внеш}} \cdot \Delta t$$

где $\vec{F}_{\text{внеш}} = \sum_{i=1}^N \vec{F}_i$ — сумма внешних сил.

В инерциальной системе отсчета изменение импульса системы материальных точек равно импульсу внешних сил, приложенных к системе. Внутренние силы не изменяют импульс системы.

Закон сохранения импульса системы является следствием сформулированного выше закона изменения импульса и гласит: если импульс внешних сил, приложенных к системе материальных точек, равен нулю, то импульс системы сохраняется.

Важным частным случаем является равенство нулю суммы внешних сил, действующих на систему (такие системы называются замкнутыми): *импульс замкнутой системы сохраняется. Скорость центра масс замкнутой системы постоянна.*

Если внешние силы не равны нулю, но существует такое неизменное направление в пространстве, что проекция суммы внешних сил на это направление обращается в нуль, то проекция импульса системы на это направление сохраняется.

Механическая работа. Мощность. *Работой силы \vec{F} на перемещении $\Delta\vec{r}$ материальной точки называется скалярная величина*

$$A = F \cdot \Delta r \cdot \cos \alpha$$

где α — угол между направлениями силы и перемещения (рис. 2). В зависимости от взаимной ориентации векторов \vec{F} и $\Delta\vec{r}$ работа может быть величиной положительной, отрицательной или равной нулю. Если на материальную точку действует система сил, то работа всех этих сил на перемещении точки $\Delta\vec{r}$ равна

$$A = \sum_{i=1}^N F_i \cdot \Delta r \cdot \cos \alpha_i = F_{\Sigma} \cdot \Delta r \cdot \cos \alpha$$

где α_i — угол между силой F_i и перемещением Δr точки, F_{Σ} — модуль равнодействующей всех сил, действующих на материальную точку, α — угол между векторами \vec{F}_{Σ} и $\Delta\vec{r}$. При поступательном движении твердого тела работа силы (или равнодействующей нескольких сил) вычисляется по предшествующей формуле, где под $\Delta\vec{r}$ понимается перемещение любой точки тела, например, центра масс.

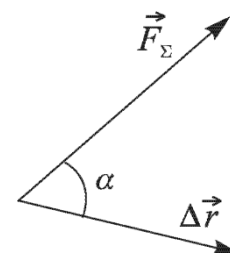


Рисунок 2 К вычислению работы силы

Мощностью называется отношение работы A к величине интервала времени Δt , за который эта работа совершена:

$$P = \frac{A}{\Delta t}$$

Если сила F действует на точку, движущуюся со скоростью V , то мощность этой силы равна

$$P = FV \cos \alpha$$

где α — угол между направлениями силы и скорости.

Единицы измерения работы и мощности. Единица работы в СИ называется джоулем (Дж). Джоуль равен работе, совершаемой силой 1 Н при перемещении точки ее приложения на 1 м в направлении действия силы: 1 Дж = 1 Н·м. Единица мощности в СИ называется ваттом (Вт). Ватт равен мощности, при которой за время 1 с совершается работа 1 Дж: 1 Вт = 1 Дж/с.

Энергия. Энергией называется скалярная физическая величина, являющаяся общей количественной мерой движения и взаимодействия всех видов материи. Энергия не возникает из ничего и не исчезает, она может только переходить из одной формы в другую. Понятие энергии связывает воедино все явления природы.

Для характеристики различных форм движения материи вводятся соответствующие виды энергии, например, механическая энергия, внутренняя энергия, энергия электромагнитных взаимодействий и др.

Механическая энергия E характеризует движение и взаимодействие тел и является функцией их скоростей и взаимного расположения. Она равна сумме кинетической и потенциальной энергий.

Кинетическая энергия материальной точки является мерой ее механического движения, зависящей от скорости ее движения в данной инерциальной системе отсчета. Кинетической энергией материальной точки называется скалярная величина

$$E_K = \frac{mV^2}{2}$$

При *поступательном* движении твердого тела его кинетическая энергия также определяется по этой же формуле, где под m понимается масса тела, а под V — скорость любой из его точек (например, центра масс).

Для системы материальных точек

$$E_K = \frac{m_1 V_1^2}{2} + \frac{m_2 V_2^2}{2} + \dots + \frac{m_N V_N^2}{2}$$

Связь между приращением кинетической энергии тела и работой приложенных к телу сил. Из второго закона Ньютона следует закон изменения кинетической энергии материальной точки

$$\Delta E_K = \frac{m_2 V_2^2}{2} - \frac{m_1 V_1^2}{2} = A_{12}$$

согласно которому изменение кинетической энергии точки на либо отрезке траектории равно работе приложенных к точке сил на этом же отрезке. Это утверждение справедливо также для твердого тела, совершающего поступательное движение. Движущееся тело обладает кинетической энергией, которая равна работе, которую нужно совершить, чтобы увеличить скорость тела от нуля до текущего значения.

Кинетическая энергия тела увеличивается, если работа приложенных к нему сил положительна, и уменьшается, если эта работа отрицательна.

Потенциальная энергия — это энергия взаимодействия тел, определяемая их взаимным расположением. Потенциальная энергия может быть введена для таких сил взаимодействия, которые зависят только от расстояний между телами системы (но не от их скоростей). Эти силы в механике выделяют в особый класс и называют *потенциальными* или *консервативными*. Потенциальными являются силы тяготения, силы упругости, кулоновские и архимедовы силы. Работа потенциальной силы не зависит от формы траектории тела и определяется только его начальным и конечным положением. Это эквивалентно утверждению, что работа потенциальной силы по любому замкнутому пути равна нулю.

Хотя потенциальная энергия — это энергия взаимодействия по крайней мере двух тел, часто бывает удобно при ее вычислении принять одно из взаимодействующих тел за неподвижное. В этом случае можно говорить о потенциальной энергии второго тела, находящегося под действием силы со стороны первого, и рассматривать эту силу как внешнюю. Так поступают, например, определяя потенциальную энергию тела в поле притяжения Земли (см. ниже).

Таким образом, потенциальной энергией $E_{\text{П}}$ тела в некоторой точке М называют работу, которую нужно совершить против потенциальной силы,

чтобы переместить тело из точки, где потенциальная энергия равна нулю, в точку М.

Значение потенциальной энергии тела зависит от выбора точки отсчета потенциальной энергии, в которой ее полагают равной нулю.

Зная потенциальную энергию, можно найти работу силы по перемещению тела из точки 1 в точку 2:

$$A = -\Delta E_{\text{П}} = E_{\text{П}1} - E_{\text{П}2}$$

Поскольку работа определяется лишь изменением потенциальной энергии, выбор нулевого уровня потенциальной энергии не играет никакой особой роли и диктуется исключительно соображениями удобства при решении конкретной задачи. Ни одно явление природы не зависит от самой потенциальной энергии. Важна лишь разность значений потенциальной энергии в конечном и начальном состояниях системы.

Потенциальная энергия тела вблизи поверхности Земли вычисляется по формуле:

$$E_{\text{П}} = mgh$$

где h — высота центра тяжести тела над поверхностью Земли.

Потенциальная энергия упруго деформированного тела. Простейшей моделью упругих деформаций является растяжение или сжатие пружины. Потенциальная энергия тел, взаимодействующих посредством пружины, равна

$$E_{\text{П}} = \frac{kx^2}{2}$$

где k — жесткость пружины, x — удлинение пружины, т.е. разность ее длин в деформированном и недеформированном состояниях. Потенциальная энергия, определяемая указанным выражением, не зависит от свойств тел, которые связывает пружина. Эта энергия сконцентрирована в пружине.

Закон сохранения механической энергии. Полной механической энергией E материальной точки называется сумма ее кинетической и потенциальной энергий:

$$E = E_{\text{К}} + E_{\text{П}}$$

Аналогично вводится полная механическая энергия системы точек, причем полная кинетическая энергия рассчитывается по формуле для кинетической энергии системы материальных точек, а полная потенциальная энергия системы равна сумме потенциальных энергий всех пар взаимодействующих точек, а также потенциальных энергий этих точек в поле внешних сил.

Кроме потенциальных сил, в системе и на систему могут действовать также непотенциальные силы, которые зависят от скоростей тел. Работа непотенциальной силы при перемещении точки или тела по замкнутой траектории отлична от нуля. Непотенциальными являются силы трения скольжения и силы вязкого трения.

Изменение полной механической энергии подчиняется следующему закону: в инерциальной системе отсчета изменение полной механической энергии материальной точки, или системы точек равно работе непотенциальных сил (как внешних, так и внутренних).

Следствием этого закона является закон сохранения полной механической энергии: если непотенциальные силы, действующие в системе и на систему, не совершают работу, полная механическая энергия системы сохраняется.

Указания по решению задач

Большое число задач из данного раздела связано с соударениями тел или разделением тела на составные части (столкновение шариков, выстрел из пушки, разрыв гранаты и т.п.). При решении задач такого типа нужно иметь в виду, что если конечное состояние системы отделено от начального малым интервалом времени Δt (время соударения или время выстрела), то импульсом $F\Delta t$ таких внешних сил, как тяготение или трение, можно пренебречь и рассматривать систему как замкнутую. Однако, импульсом сильно меняющейся за время соударения внешней силы в общем случае пренебрегать нельзя, так как произведение малого Δt на большую F может оказаться конечной величиной. Например, при столкновении шарика с неподвижной стенкой конечное изменение его импульса за очень короткое время соударения обусловлено импульсом весьма большой силы упругости, возникающей при деформациях шарика и стенки.

При записи закона сохранения импульса нужно следить за правильностью расстановки знаков. Некоторое направление выбирается за положительное. Проекция импульса тела записывается со знаком плюс, если

направление составляющей совпадает с избранным направлением, и со знаком минус — в противоположном случае. Для тел, направления движения которых не заданы в условии задачи, знаки могут быть расставлены произвольно. Если в результате решения окажется, что проекция импульса положительна, то направление движения выбрано правильно, если отрицательна, то — неправильно.

Столкновения тел обычно описываются одной из двух простейших моделей: (абсолютно) упругое и (абсолютно) неупругое соударения. В первом случае при соударении сохраняется как импульс, так и суммарная кинетическая энергия взаимодействующих тел, во втором — тела после взаимодействия движутся с одной и той же скоростью, их импульс сохраняется, но суммарная кинетическая энергия уменьшается, т.к. часть ее переходит во внутреннюю энергию. Если соударение центральное, то и в том, и в другом случаях задача полностью описана математически и имеет решение. Теория нецентрального удара выходит за рамки простейших моделей, поэтому в условиях задач на эту тему обязательно должны содержаться некоторые дополнительные данные, позволяющие получить единственное решение.

Пример 1.

Тело движется по прямой под действием постоянной силы, равной по модулю 8 Н. Импульс тела изменился на 40 кг·м/с. Сколько времени потребовалось для этого?

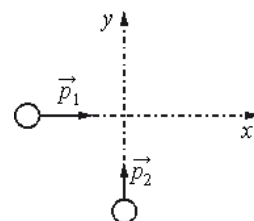
Решение:

$$\Delta p = F \cdot \Delta t$$
$$\Delta t = \frac{\Delta p}{F} = \frac{40}{8} = 5 \text{ с}$$

Ответ: 5 с.

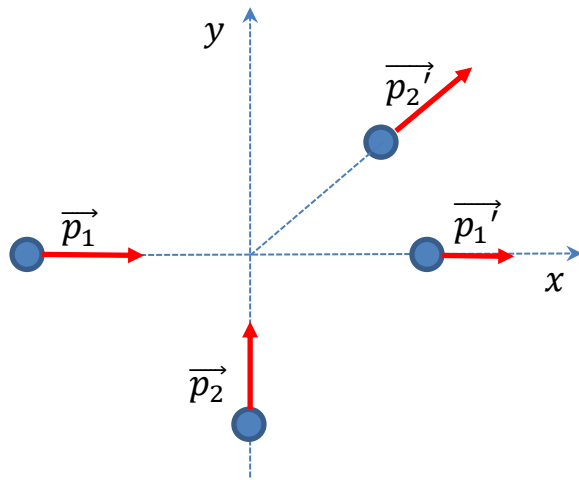
Пример 2.

По гладкой горизонтальной плоскости вдоль осей x и y движутся две шайбы с импульсами, равными по модулю $p_1=2,5$ кг·м/с и $p_2=2$ кг·м/с (см. рисунок). После их соударения первая шайба продолжает двигаться по оси x в прежнем направлении с импульсом, равным по модулю



$p'_1 = 1 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$. Найдите модуль импульса второй шайбы после удара.

Решение:



Запишем за закон сохранения импульса:

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}_1' + \vec{p}_2'$$

Сделаем проекции на оси:

$$Ox: p_1 = p_1' + p_2'_x \Rightarrow p_2'_x = p_1 - p_1'$$

$$Oy: p_2 = p_2'_y \Rightarrow p_2'_y = p_2$$

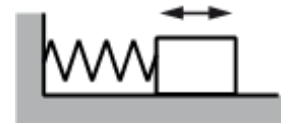
$$p_2' = \sqrt{p_2'^2_x + p_2'^2_y}$$

$$p_2' = \sqrt{(p_1 - p_1')^2 + p_2^2} = \sqrt{(2,5 - 1)^2 + 2^2} = 2,5 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$$

Ответ: $p_2' = 2,5 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$

Пример 3.

Груз, прикрепленный к пружине жесткости 200 Н/м , совершает гармонические колебания (см. рисунок). Максимальная кинетическая энергия груза при этом равна 1 Дж . Какова амплитуда колебаний груза?



Решение:

Так как колебания гармоничные, в системе отсутствуют силы трения. То есть выполняется закон сохранения механической энергии:

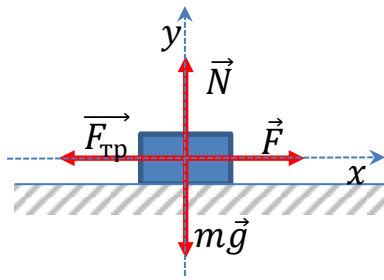
$$E_{\text{кин, max}} = E_{\text{пот, max}} = \frac{kA^2}{2} \Rightarrow A = \sqrt{\frac{2E_{\text{кин, max}}}{k}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1}{200}} = 0,1 \text{ м}$$

Ответ: $A = 0,1 \text{ м}$

Пример 4.

Ящик тянут по земле за веревку по горизонтальной окружности диаметром $D = 20 \text{ м}$ с постоянной по модулю скоростью. Работа силы тяги за один оборот по окружности $A = 3,0 \text{ кДж}$. Чему равен модуль силы трения, действующей на ящик со стороны земли? Округлить до сотых.

Решение:



Так как тело движется равномерно, то сумма всех сил, действующих на тело равна нулю.

$$\vec{F} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}} + m\vec{g} = 0$$

$$Ox: F - F_{\text{тр}} = 0 \Rightarrow F_{\text{тр}} = F$$

$$A = F \cdot l \cdot \cos 0 = F \cdot l \Rightarrow F = \frac{A}{l} = \frac{A}{\pi \cdot D}$$

$$F_{\text{тр}} = \frac{A}{\pi \cdot D} = \frac{3000}{3,14 \cdot 20} = 47,77 \text{ Н}$$

Ответ: $F_{\text{тр}} = 47,77 \text{ Н}$

Пример 5.

Мальчик столкнул санки с вершины горки. Сразу после толчка санки имели скорость 5 м/с, а у подножия горки она равнялась 15 м/с. Трение санок о снег пренебрежимо мало. Какова высота горки?

Решение:

Так как трение санок о снег пренебрежимо мало, то выполняется закон сохранения механической энергии:

$$E_{\text{мех1}} = E_{\text{мех2}}$$

$$E_{\text{мех1}} = \frac{mV_1^2}{2} + mgh$$

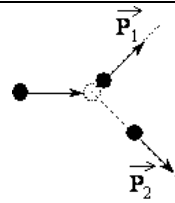
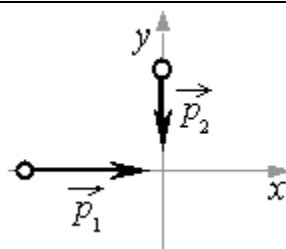
$$E_{\text{мех2}} = \frac{mV_2^2}{2}$$

$$\frac{mV_1^2}{2} + mgh = \frac{mV_2^2}{2} \Rightarrow h = \frac{m(V_2^2 - V_1^2)}{2} = \frac{m(V_2^2 - V_1^2)}{2mg} = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g}$$

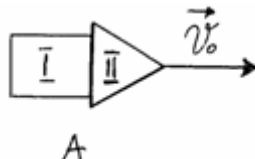
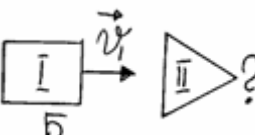
$$h = \frac{15^2 - 5^2}{2 \cdot 10} = 10 \text{ м}$$

Ответ: $h = 10 \text{ м}$

Задание для самостоятельного решения

1	<p>На неподвижный бильярдный шар налетел другой – такой же. После удара шары разлетелись под углом 90° так, что импульс одного $P_1 = 0,3 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$, а другого $P_2 = 0,4 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$ (см. рисунок). Налетевший шар имел до удара импульс, равный</p>		0,5 кг·м/с
2	<p>Два тела движутся по взаимно перпендикулярным пересекающимся прямым, как показано на рисунке. Модуль импульса первого тела $p_1 = 4 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$, а второго тела $p_2 = 3 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$. Чему равен модуль импульса системы этих тел после их абсолютно неупругого удара?</p>		5 кг м/с
3	<p>Санки после толчка движутся по горизонтальной дорожке. На сколько изменится модуль импульса санок, если на них в течение 5 с действует сила трения о снег, равная 20 Н?</p>		100 кг×м/с
4	<p>Тело движется прямолинейно. Начальный импульс тела равен 8 кг·м/с. Под действием постоянной силы величиной 4 Н импульс тела за 3 с увеличился и стал равен</p>		20 кг·м/с
5	<p>Тело массой 3 кг движется прямолинейно под действием постоянной силы, равной 2 Н. За какое время изменение импульса тела составит 4 кг·м/с?</p>		2 с
6	<p>Тело движется по прямой. Под действием постоянной силы 5 Н импульс тела уменьшился от 25 кг×м/с до 15 кг×м/с. Для этого потребовалось ___ с.</p>		2 с
7	<p>Тело движется по прямой в одном направлении. Под действием постоянной силы, равной по модулю 5 Н, импульс тела изменился на 2,5 кг·м/с. Сколько времени потребовалось для этого? Ответ: ___ с.</p>		0,5 с
8	<p>Тело движется по прямой в одном направлении. Под действием постоянной силы величиной 5 Н импульс тела увеличился с 20 до 30 кг·м/с. Сколько времени потребовалось для этого? Ответ: ___ с.</p>		2 с
9	<p>Тело движется по прямой под действием постоянной силы, равной по модулю 10 Н и направленной вдоль этой прямой. Сколько времени потребуется для того, чтобы под действием этой силы импульс тела изменился на 50 кг·м/с? Ответ: ___ с.</p>		5 с

10	Тело движется по прямой в одном направлении. Под действием постоянной силы за 5 с импульс тела уменьшился на 20 кг·м/с. Чему равен модуль силы? Ответ: ____ Н.	4 Н
11	Тело движется по прямой в одном направлении. Под действием постоянной силы за 3 с импульс тела изменился на 6 кг·м/с. Каков модуль силы? Ответ: ____ Н.	2 Н
12	На тело массой 2 кг, движущееся прямолинейно со скоростью 3 м/с, начала действовать постоянная тормозящая сила. Какой должна быть эта сила, чтобы импульс тела за 1 с уменьшился вдвое?	3 Н
13	Молоток массой 0,8 кг ударяет по небольшому гвоздю и забивает его в доску. Скорость молотка перед ударом 5 м/с, после удара равна 0, продолжительность удара 0,2 с. Средняя сила удара молотка равна ____ Н.	20 Н
14	Тело движется по прямой в одном направлении. Под действием постоянной силы величиной 5 Н за 3 с импульс тела уменьшился и стал равен 20 кг·м/с. Чему был равен первоначальный импульс тела? Ответ: ____ кг·м/с.	35 кг·м/с
15	На движущееся тело массой 2 кг начала действовать постоянная тормозящая сила. Величина импульса этой силы к моменту остановки тела составила 4 Н·с. Какой была скорость (м/с) тела в момент начала торможения?	2 м/с
16	Тело движется по прямой. Начальный импульс тела равен 50 кг·м/с. Под действием постоянной силы величиной 10 Н за 2 с импульс тела уменьшился и стал равен ____ кг·м/с.	30 кг·м/с
17	Тело движется по прямой. Начальный импульс тела равен 60 кг·м/с. Под действием постоянной силы величиной 10 Н, направленной вдоль этой прямой, за 5 с импульс тела уменьшился и стал равен ____ кг·м/с.	10
18	Тело движется по прямой. Под действием постоянной силы величиной 2 Н за 3 с импульс тела увеличился и стал равен 15 кг·м/с. Первоначальный импульс тела равен ____ кг·м/с.	9 кг·м/с
19	Равнодействующая внешних сил, постоянная по величине и направлению, равна по модулю 10 Н и действует на тело в течение 5 с. Каков модуль изменения импульса тела за это время? Ответ: ____ кг·м/с.	50 кг·м/с
20	Тело движется по прямой. Под действием постоянной силы величиной 4 Н за 2 с импульс тела увеличился и стал равен 20 кг·м/с. Первоначальный импульс тела равен ____ кг·м/с.	12 кг·м/с

21	На прямолинейно движущееся тело массой 2 кг действует постоянная сила 5 Н. Определите изменение импульса тела за 4 с. Ответ: ____ кг·м/с.	20 кг·м/с	
22	Ракета, состоящая из двух ступеней, двигалась со скоростью $u_0 = 6$ км/с (рис. А). Первая ступень после отделения движется со скоростью $u_1 = 2$ км/с (рис. Б). Масса первой ступени $m_1 = 1 \times 10^3$ кг, масса второй $m_2 = 2 \times 10^3$ кг. Вторая ступень после отделения первой имеет скорость ____ км/с.	 	8 км/с
23	Снаряд массой 2 кг, летящий со скоростью 100 м/с, разрывается на два осколка. Один из осколков летит под углом 90° к первоначальному направлению. Под каким углом к этому направлению полетит второй осколок, если его масса 1 кг, а скорость 400 м/с?	60°	
24	Снаряд массой 2 кг, летящий со скоростью 100 м/с, разрывается на два осколка. Один из осколков летит под углом 90° к первоначальному направлению, а второй – под углом 60° . Какова масса второго осколка, если его скорость равна 400 м/с? Ответ: ____ кг.	1 кг	
25	Шар массой 200 г падает с начальной скоростью 10 м/с на неподвижную, горизонтально расположенную платформу, под углом 45° к ней. Модуль изменения импульса шара в результате абсолютно упругого удара шара о платформу равен ____ кг·м/с. Ответ округлить до десятых.	2,8 кг·м/с	
26	Грузовик и легковой автомобиль движутся со скоростями $v_1 = 54$ км/ч и $v_2 = 108$ км/ч. Каково отношение массы грузовика к массе легкового автомобиля, если отношение импульса грузовика к импульсу легкового автомобиля равно 1,5	3	
27	Шарик массой 100 г, движущийся со скоростью 1 м/с, абсолютно упруго ударяется о горизонтальную плоскость. Направление скорости шарика составляет с плоскостью угол 30° . Определите модуль изменения импульса шарика в результате удара. Ответ: ____ кг·м/с. Округлить до десятых.	0,1 кг·м/с	
28	На тело, движущееся прямолинейно в инерциальной системе отсчёта, действует постоянная сила, равная 2 Н. За какое время изменение импульса тела составит 4 кг·м/с? Ответ: ____ с?	2 с	
29	Тело массой 2 кг движется вдоль оси Ох. Его координата меняется в соответствии с уравнением $x = A + Bt + Ct^2$, где $A = 2$ м, $B = 3$ м/с, $C = 5$ м/с ² . Чему равен импульс (кг·м/с) тела в момент времени $t = 2$ с?	46 кг·м/с	

30	Лёгкий автомобиль и грузовик движутся со скоростями соответственно $v_1=108$ км/ч и $v_2=54$ км/ч. Их массы: $m_1=1000$ кг и $m_2=3000$ кг. Во сколько раз импульс грузовика больше импульса автомобиля?	1,5
31	Мальчик массой 50 кг, стоя на очень гладком льду, бросает груз массой 8 кг под углом 60° к горизонту со скоростью 5 м/с. Какую скорость приобретет мальчик?	0,4 м/с
32	По гладкой горизонтальной плоскости движутся вдоль осей x и y две шайбы с импульсами, равными по модулю $p_1=2$ кг·м/с и $p_2=3,5$ кг·м/с (см. рисунок). После их соударения вторая шайба продолжает двигаться по оси y в прежнем направлении. Модуль импульса первой шайбы после удара равен $p'_1=2,5$ кг·м/с. Найдите модуль импульса второй шайбы после удара.	2 кг·м/с
33	Мальчик массой 50 кг находится на тележке массой 50 кг, движущейся по гладкой горизонтальной дороге со скоростью 1 м/с. Каким станет модуль скорости тележки, если мальчик прыгнет с неё со скоростью 2 м/с относительно дороги в направлении, противоположном первоначальному направлению движения тележки?	4 м/с
34	Доска массой 0,6 кг шарнирно подвешена к потолку на лёгком стержне. На доску налетает пластилиновый шарик и прилипает к ней. Скорость шарика перед ударом равна 10 м/с и направлена под углом 60° к нормали к доске (см. рисунок). Импульс системы тел после соударения равен 1 кг·м/с. Определите массу шарика.	0,2 кг
35	Камень массой 1 кг брошен вертикально вверх. В начальный момент его энергия равна 200 Дж. На какую максимальную высоту поднимется камень? Сопротивлением воздуха пренебречь.	20 м
36	При деформации 1 см стальная пружина имеет потенциальную энергию упругой деформации 1 Дж. На сколько увеличится потенциальная энергия этой пружины при увеличении деформации еще на 1 см?	3 Дж
37	Человек, равномерно поднимая веревку, достал ведро с водой из колодца глубиной 10 м. Масса ведра 1,5 кг, масса воды в ведре 10 кг. Какую работу он при этом совершил?	1150 Дж

38	Мальчик везет своего друга на санках по горизонтальной дороге, прикладывая силу 60 Н. Скорость санок постоянна. Веревка санок составляет с горизонталью угол 30° . На некотором участке пути мальчик совершил механическую работу, равную 6000 Дж. Какова длина этого участка пути?	115,5 м
39	Человек тянет брусок массой 1 кг по горизонтальной поверхности с постоянной скоростью, действуя на него в горизонтальном направлении. Коэффициент трения между бруском и поверхностью $\mu = 0,1$. Скорость движения бруска 10 м/с. Какую мощность развивает человек, перемещая груз? Ответ: __ Вт.	10 Вт
40	Скорость автомобиля массой $m = 10^3$ кг увеличилась от $v_1 = 10$ м/с до $v_2 = 20$ м/с. Работа равнодействующей силы равна	150 кДж
41	Тело массой 0,1 кг брошено горизонтально со скоростью 4 м/с с высоты 2 м относительно поверхности земли. Какова кинетическая энергия тела в момент его приземления? Сопротивление воздуха не учитывать. Ответ дать в Дж.	2,8 Дж
42	Шарик массой 150 г начинает падать с высоты 20 м из состояния покоя. Какова его кинетическая энергия в момент перед падением на землю, если сопротивление воздуха пренебрежимо мало?	30 Дж
43	Автомобиль, двигаясь с выключенным двигателем, на горизонтальном участке дороги имеет скорость 20 м/с. Какое расстояние он проедет до полной остановки вверх по склону горы под углом 30° к горизонту? Трением пренебречь.	40 м
44	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. Ответ округлить для целых.	14 м/с
45	Мальчик столкнул санки с вершины горки. Сразу после толчка санки имели скорость 5 м/с, а у подножия горки она равнялась 15 м/с. Трение санок о снег пренебрежимо мало. Какова высота горки?	10 м
46	Шарик брошен вертикально вверх. В момент броска он имел кинетическую энергию 30 Дж. На какую величину изменится потенциальная энергия шарика в поле тяготения Земли, когда он окажется в верхней точке траектории полета? Сопротивлением воздуха пренебречь.	30 Дж