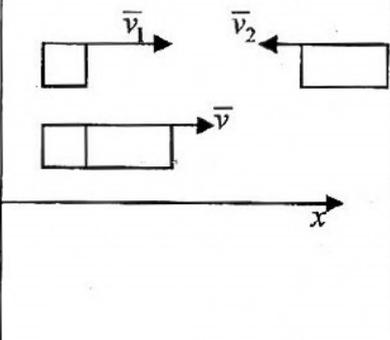


Задача № 1. Определите массу автомобиля, имеющего импульс $2,5 \cdot 10^4$ кг·м/с и движущегося со скоростью 90 км/ч.

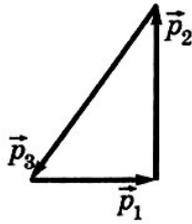
Дано:	СИ	$p = mv$
$p = 2,5 \cdot 10^4$ кгм/с		$m = \frac{p}{v}$
$v = 90$ км/ч	25 м/с	$m = \frac{2,5 \cdot 10^4}{25} = 0,1 \cdot 10^4$ (кг) = 1 (т)
$m - ?$		Ответ: 1 т

Задача № 2. Тележка массой 40 кг движется со скоростью 4 м/с навстречу тележке массой 60 кг, движущейся со скоростью 2 м/с. После неупругого соударения тележки движутся вместе. В каком направлении и с какой скоростью будут двигаться тележки ?

Дано:		Решение:
$m_1 = 40$ кг		$m_1 \bar{v}_1 + m_2 \bar{v}_2 = (m_1 + m_2) \bar{v}$
$m_2 = 60$ кг		ОХ: $m_1 v_1 - m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v$
$v_1 = 4$ м/с		$v = \frac{m_1 v_1 - m_2 v_2}{m_1 + m_2} = \frac{40 \cdot 4 - 60 \cdot 2}{40 + 60} = 0,4$ (м/с)
$v_2 = 2$ м/с		Ответ: 0,4 м/с
$v - ?$		В сторону движения первой тележки.

Задача № 3. Снаряд, выпущенный вертикально вверх, разорвался в верхней точке траектории. Первый осколок массой 1 кг приобрел скорость 400 м/с, направленную горизонтально. Второй осколок массой 1,5 кг полетел вверх со скоростью 200 м/с. Какова скорость третьего осколка, если его масса равна 2 кг?

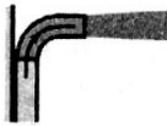
Решение. Взрывающийся снаряд можно считать замкнутой системой, потому, что сила тяжести намного меньше, чем сила давления пороховых газов, разрывающих снаряд на осколки. Значит, можно использовать закон сохранения импульса. Поскольку разрыв снаряда произошел в верхней точке траектории, векторная сумма импульсов всех осколков должна быть равна нулю. Следовательно, векторы импульсов осколков образуют треугольник; этот треугольник прямоугольный, а искомый вектор — его гипотенуза.



$$p_3 = \sqrt{p_1^2 + p_2^2} \text{ и } v_3 = \sqrt{(m_1 v_1)^2 + (m_2 v_2)^2} / m_3.$$

Ответ: 250 м/с.

Задача № 4. К стене прикреплен шланг с насадкой, изогнутой под прямым углом (см. рисунок). Из шланга вытекает вода со скоростью $v = 10$ м/с. Найдите горизонтальную составляющую силы, с которой шланг давит на стену. Площадь сечения шланга $S = 10$ см².



Решение. Вода, текущая по шлангу, движется с ускорением (вектор скорости изменяет направление). Это изменение вызвано силой \vec{N} , действующей на шланг с водой со стороны стенки. Согласно третьему закону Ньютона $F = N_x$. Из второго закона Ньютона в импульсном виде следует (ось Ox направлена горизонтально от стены):

$$N_x = \frac{\Delta p_x}{\Delta t} = \frac{mv}{\Delta t} = \frac{\rho V v}{\Delta t} = \frac{\rho S l v}{\Delta t} = \rho S v \frac{l}{\Delta t} = \rho S v^2.$$

Отсюда $F = \rho S v^2$.

$$F = 1000 \text{ (кг/м}^3) \cdot 0,001 \text{ (м}^2) \cdot 100 \text{ (м}^2/\text{с}^2) = 100 \text{ (кг/м} \cdot \text{с}^2)$$

Ответ: 100 Н.

Задача № 5. Какую силу тяги развивает реактивный двигатель, выбрасывающий каждую секунду 10 кг продуктов сгорания топлива со скоростью 3 км/с относительно ракеты?

Решение. Воспользуемся вторым законом Ньютона в импульсной форме и найдем силу, которая действует на выбрасываемые продукты сгорания топлива: $N = \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{v \Delta m}{\Delta t}$.

Здесь Δm — масса продуктов сгорания, выбрасываемых за время Δt . Согласно третьему закону Ньютона сила тяги (сила, с которой продукты сгорания действуют на ракету) равна по модулю найденной силе.

Ответ: 30 кН.

Задача № 6. Повышенной сложности **Конькобежец** массой $M = 70$ кг, стоя на коньках на льду, бросает в горизонтальном направлении камень массой $m = 3$ кг

со скоростью $v = 8$ м/с относительно льда. Найдите, на какое расстояние S откатится при этом конькобежец, если $\mu = 0,02$.

Решение. На основании закона сохранения импульса можно записать: $Mu = mv$, откуда приобретенная конькобежцем скорость $u = \frac{m}{M}v$. Согласно второму закону Ньютона $F_{\text{тр}} = Ma$, или $\mu Mg = Ma$, откуда $a = \mu g$. С другой стороны, $a = \frac{u^2}{2S}$. Следовательно, $\frac{u^2}{2S} = \mu g$, откуда

$$S = \frac{u^2}{2\mu g} = \left(\frac{mv}{M}\right)^2 \frac{1}{2\mu g} = \frac{v^2 m^2}{2\mu g M^2}.$$

Ответ: 0,3 м.

Задача № 7. Повышенной сложности **Деревянный брусок, движущейся вертикально, падает со скоростью $v = 3$ м/с на горизонтальную ленту транспортера, движущегося со скоростью $u = 1$ м/с. Брусок после удара не подскакивает. При каком коэффициенте трения брусок не будет проскальзывать по транспортеру?**

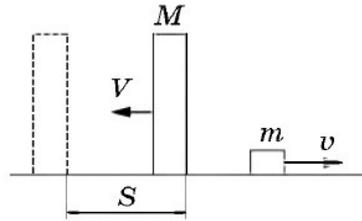
Решение. При ударе на брусок действует сила упругости \vec{N} и сила трения $\vec{F}_{\text{тр}}$ (по сравнению с ними силой тяжести можно пренебречь). Если брусок массой m при этом не проскальзывает, то $m\vec{u} - m\vec{v} = (\vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}}) \cdot \Delta t$, откуда $mu = F_{\text{тр}} \Delta t$, $mv = N \Delta t$. Таким образом, $F_{\text{тр}} / N = u / v$; следовательно, $\mu \geq u / v$.

Ответ: $\mu \geq 0.33$

Задача № 8. ОГЭ **Конькобежец массой $M = 70$ кг, стоя на льду, бросает в горизонтальном направлении шайбу массой $m = 0,3$ кг со скоростью $v = 40$ м/с. На какое расстояние s откатится конькобежец, если коэффициент трения коньков о лёд $\mu = 0,02$?**

► Решение.

После броска шайбы конькобежец движется в противоположную сторону со скоростью V (см. рисунок). При наличии трения его кинетическая энергия расходуется на работу по преодолению силы трения:



$$\frac{MV^2}{2} = F_{\text{тр}} \cdot s, \quad (1)$$

где,

$$F_{\text{тр}} = \mu \cdot Mg. \quad (2)$$

Начальную скорость конькобежца v найдём, воспользовавшись законом сохранения импульса $MV = mv$,

откуда $V = \frac{m}{M}v$. Подставляя V и силу трения (2) в уравнение (1), найдём расстояние s , пройденное конькобежцем до полной остановки:

$$s = \frac{V^2}{2\mu g} = \frac{v^2}{2\mu g} \left(\frac{m}{M} \right)^2.$$

► Ответ. $s = 0,07$ м.

Задача № 9. ЕГЭ Вагон массой $m = 4 \cdot 10^4$ кг, движущийся со скоростью $v = 2$ м/с, в конце запасного пути ударяется о пружинный амортизатор. На сколько он сожмёт пружину амортизатора, жёсткость которой $k = 2,25 \cdot 10^6$ Н/м?

► Решение. Кинетическая энергия вагона после его остановки превращается в потенциальную энергию сжатой пружины. получим уравнение

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

откуда деформация пружины

$$x = \sqrt{\frac{m}{k}} \cdot v.$$

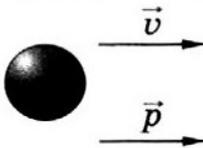
► Ответ. $x = 0,27$ м.

Краткая теория для решения задачи на Закон сохранения импульса.

ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ИМПУЛЬСА

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

$\vec{p} \uparrow \vec{v}$

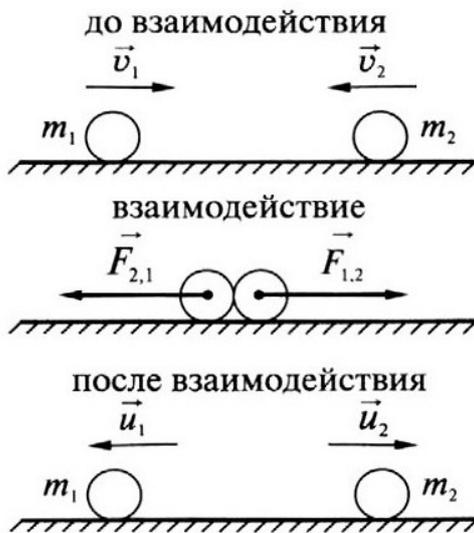


СИ: $[p] = [1 \text{ кг} \cdot \text{м/с}]$

p – импульс тела

ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ИМПУЛЬСА

Векторная сумма импульсов тел, составляющих замкнутую систему, не меняется с течением времени при любых движениях и взаимодействиях этих тел.



по третьему закону Ньютона:

$$\vec{F}_{1,2} = -\vec{F}_{2,1}$$

по второму закону Ньютона:

$$m_1 \vec{a}_1 = -m_2 \vec{a}_2$$

$$\vec{a}_1 = \frac{\vec{u}_1 - \vec{v}_1}{t} \quad \vec{a}_2 = \frac{\vec{u}_2 - \vec{v}_2}{t}$$

$$m_1 \frac{\vec{u}_1 - \vec{v}_1}{t} = -m_2 \frac{\vec{u}_2 - \vec{v}_2}{t}$$

$$m_1 \vec{u}_1 - m_1 \vec{v}_1 = -m_2 \vec{u}_2 + m_2 \vec{v}_2$$

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{u}_1 + m_2 \vec{u}_2$$

$$\Sigma m \vec{v}_{\text{до}} = \Sigma m \vec{u}_{\text{после}}$$

закон сохранения импульса

Алгоритм решения задач на закон сохранения импульса:

1. Записать «дано».
2. Сделать чертеж, на котором изобразить направления импульсов (или скоростей) каждого тела до взаимодействия и после взаимодействия.
3. Записать закон сохранения импульса для данной системы в векторной форме.
4. Выбрать координатную ось (оси), найти проекции векторов на эту ось (оси).
5. Записать закон сохранения импульса в скалярной форме.
6. Решить получившееся уравнение относительно неизвестной величины.
7. Оценить ответ на реальность.

Рассмотрим взаимодействия тел, при котором они движутся вдоль одной прямой в одном направлении или навстречу друг другу. При столкновении тела испытывают соударение. Соударение может быть двух типов: упругий удар и неупругий удар.

Упругий удар — тела после взаимодействия приобретают скорости, направленные в разные стороны.

Неупругий удар — тела после взаимодействия будут двигаться вместе, как одно целое.