

Импульс. Закон сохранения импульса

9 класс



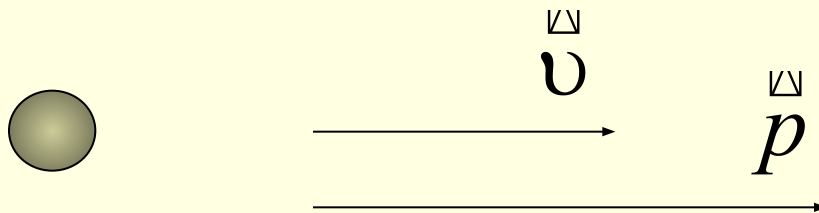
Импульс тела (количество движения)

Импульс тела (количество движения) - векторная физическая величина, равная произведению массы тела на его скорость.

Импульс тела является мерой механического движения.

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

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



Вектор импульса тела сонаправлен с вектором скорости тела.

$$p_x = mv_x$$

Основное уравнение динамики. Второй закон Ньютона.

$$\begin{aligned} \vec{F} &= m\vec{a} = m \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t} = \frac{m\vec{v} - m\vec{v}_0}{t} = \frac{\vec{p} - \vec{p}_0}{t} = \frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t} \end{aligned}$$

$\vec{F} = \frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t}$ - 2-й закон Ньютона в импульсной форме

где $\Delta\vec{p} = \vec{p} - \vec{p}_0$ - изменение импульса тела

Сила, действующая на тело равна скорости изменения импульса тела

Закон сохранения импульса

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$$

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

$$\vec{a}_1 = \frac{\vec{v}_1 - \vec{v}_{01}}{t}$$

$$\vec{a}_2 = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_{02}}{t}$$

$$m_1 \cdot \frac{\vec{v}_1 - \vec{v}_{01}}{t} = -m_2 \cdot \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_{02}}{t} \cdot t$$

$$m_1 \cdot (\vec{v}_1 - \vec{v}_{01}) = -m_2 \cdot (\vec{v}_2 - \vec{v}_{02})$$

$$m_1 \cdot \vec{v}_1 - m_1 \cdot \vec{v}_{01} = -m_2 \cdot \vec{v}_2 + m_2 \vec{v}_{02}$$

$$m_1 \cdot \vec{v}_{01} + m_2 \cdot \vec{v}_{02} = m_1 \cdot \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2$$

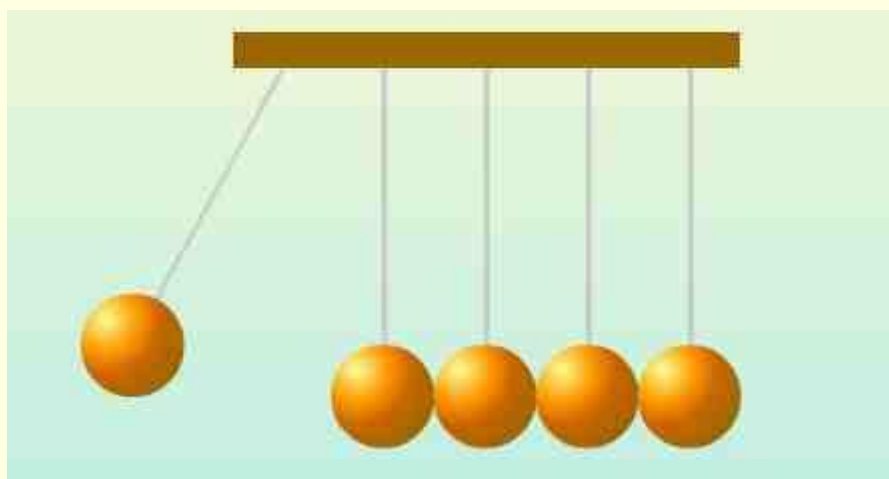
$$m_1 \cdot v_{01x} + m_2 \cdot v_{02x} = m_1 \cdot v_{1x} + m_2 v_{2x}$$

Закон сохранения импульса

Геометрическая (векторная) сумма импульсов тел, составляющих замкнутую систему, остается неизменной при любых движениях и взаимодействиях этих тел..

$$\left(\begin{array}{l} \text{замкнутая система} \\ \sum_i \vec{F}_i = 0 \end{array} \right)$$

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \vec{p}_3 + \dots = \text{const}$$



Алгоритм решения задач

- Записать условие задачи в условных обозначениях.
- Сделать необходимый чертёж, указав на нем положения тел до столкновения и после, направления скоростей движения тел.
- Записать закон сохранения импульсов тел в векторном виде.
- Выбрать систему координат и переписать закон сохранения импульсов тел в проекциях на заданные оси.
- Подставить данные задачи в уравнения, решить полученные выражения и оценить результат.

- **Задача.** Найти импульс тела массой 5кг, движущегося со скоростью 10м/с.

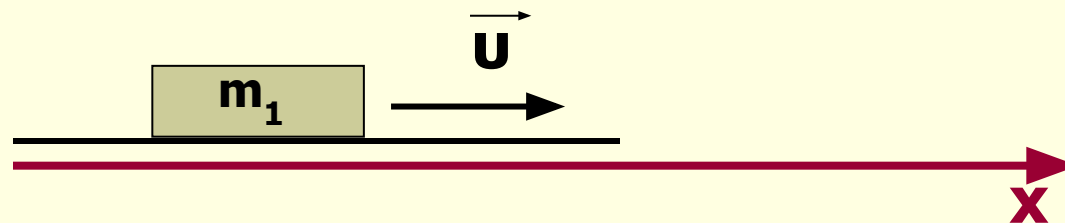
3. Записать условие задачи векторном виде. Выбрать удобные обозначения. Переписать волновых обозначения. Решить уравнения на ось координат

Дано:

$$m_1 = 5 \text{ кг}$$

$$v = 10 \text{ м/с}$$

$$p = ?$$



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

$$p_x = m v_x$$

$$p = 5 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 50 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$$

$$\text{Ответ: } 50 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$$

- **Задача.** Мяч массой 0,5кг подлетает к стене со скоростью 5м/с и отлетает от нее со скоростью 3м/с. Чему равно изменение импульса мяча

4. Выбрать систему координат и переписать
 3. Записать уравнение движения тела
 2. Записать уравнение движения тела
 1. Записать уравнение движения тела
 в векторной форме и проекциях на ось
 координат.

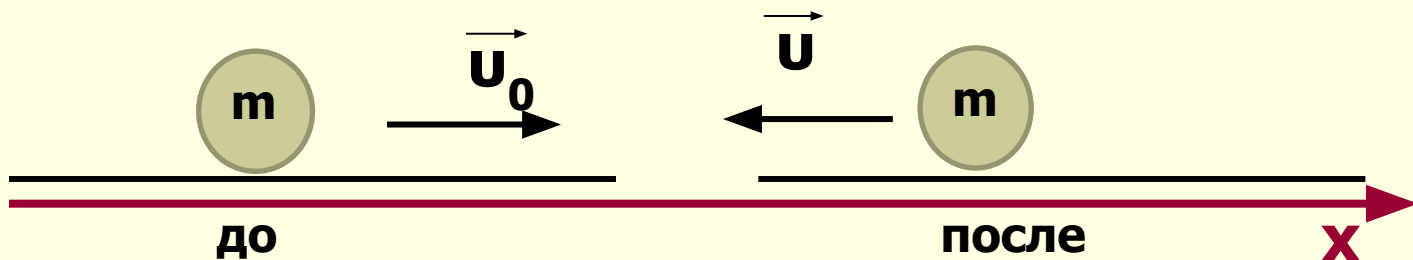
Дано:

$$m_1 = 0,5 \text{ кг}$$

$$u_0 = 5 \text{ м/с}$$

$$u = 3 \text{ м/с}$$

Δp - ?



$$\Delta p = m v - m v_0$$

$$\Delta p_x = m v_x - m v_x$$

$$\Delta p = 0,5 \text{ кг} \cdot 5 \frac{\text{м}}{\text{с}} - 0,5 \text{ кг} \cdot \left(-3 \frac{\text{м}}{\text{с}} \right) = 4 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$$

Ответ : $4 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$

- **Задача.** На тележку массой 100кг, движущуюся со скоростью 1,5м/с, сверху падает груз массой 50кг. Определите, с какой скоростью тележка будет продолжать двигаться.

4. Выбрать систему координат и переписать законы сохранения импульса в векторном виде.

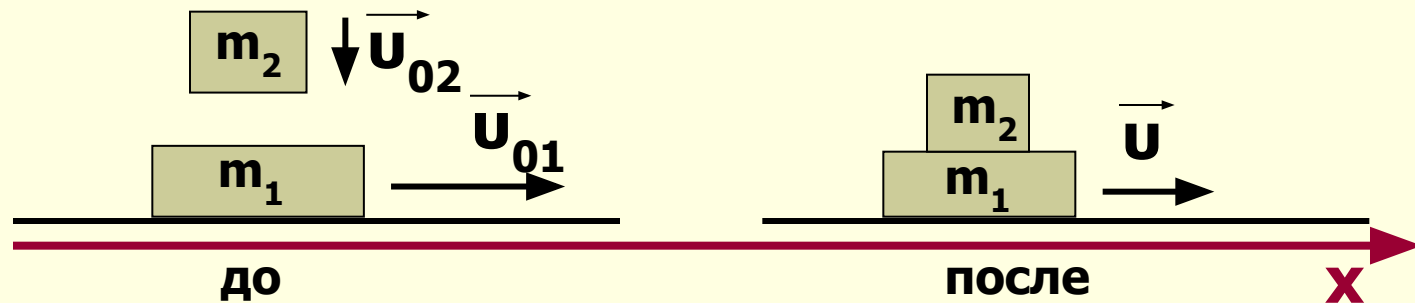
Дано:

$$m_1 = 100 \text{ кг}$$

$$v_{01} = 1,5 \text{ м/с}$$

$$m_2 = 50 \text{ кг}$$

$v - ?$



$$m_1 v_{01x} + m_2 v_{02x} = (m_1 + m_2) v_x$$

$$m_1 v_{01x} + m_2 v_{02x} = (m_1 + m_2) v_x$$

ИЛИ

$$m_1 v_{01} + 0 = (m_1 + m_2) v \quad \longrightarrow$$

$$v = \frac{m_1 v_{01}}{m_1 + m_2}$$

$$v = \frac{100 \text{ кг} \cdot 1,5 \text{ м/с}}{100 \text{ кг} + 50 \text{ кг}} = 1 \text{ м/с}$$

Решите задачи

- **№1** Найти импульс грузового автомобиля массой 10т, движущегося со скоростью 36км/ч, и легкового автомобиля массой 1т, движущегося со скоростью 25м/с.
- **№2** Шар массой 1кг летит к стенке перпендикулярно её поверхности со скоростью 4м/с. Определите изменение импульса шара, если:
 - удар неупругий,
 - удар абсолютно упругий
 - (удар абсолютно упругий-отскакивает от стены с той же по величине скоростью, удар абсолютно неупругий – прилипает к стене)

Решите задачи

- **№3** Движение материальной точки описывается уравнением $x=5+8t+4t^2$. приняв её массу равной 2кг, найти импульс через 2с и через 4с после начала отсчета времени, а также силу, вызвавшую ускорение.
- **№4** Снаряд массой 100кг, летящий горизонтально вдоль железнодорожного пути со скоростью 500м/с, попадает в вагон с песком массой 10т и застревает в нем. Найти скорость вагона, если он движется со скоростью 36км/ч навстречу снаряду.



Решите задачи

- Снаряд массой 40кг, летящий в горизонтальном направлении со скоростью 600м/с, разрывается на две части с массами 30 и 10кг. Большая часть стала двигаться в прежнем направлении со скоростью 900м/с. Определите величину и направление скорости меньшей части снаряда.
- В результате взрыва камень разлетелся на три части. Два куска летят под прямым углом друг к другу: кусок массой $m_1=1$ кг со скоростью $v_1=12$ м/с, кусок массой $m_2=2$ кг со скоростью $v_2=8$ м/с. Третий кусок отлетает со скоростью $v_3=40$ м/с. Какова его масса и в каком направлении он летит?



Решите задачи

- Тележка с песком катится со скоростью $v_1=1\text{ м/с}$ по горизонтальной поверхности без трения. Навстречу тележке летит шар массой $m=3\text{ кг}$ со скоростью $v_2=8\text{ м/с}$, направленной под углом $\alpha=60^\circ$ к горизонту. После встречи с тележкой шар застревает в песке. С какой скоростью и в какую сторону покатится тележка после встречи с шаром? Масса тележки с песком $M=10\text{ кг}$.