

## Примеры решения задач по теме Импульс. Закон сохранения импульса.

Закон сохранения импульса целесообразно применять для решения тех задач, в которых требуется определять скорости, а не силы или ускорения. Конечно, решать подобные задачи можно, используя законы Ньютона. Но применение закона сохранения импульса упрощает решение.

Прежде чем решать задачу с помощью закона сохранения импульса, надо выяснить, можно ли его применить в данном случае. Закон можно применять для замкнутой системы или же в случае, когда сумма проекций сил на какое-либо направление равна нулю, а также когда импульсом внешних сил можно пренебречь.

### Задача 1.

Стальной шарик массой 0,05 кг падает с высоты 5 м на стальную плиту. После столкновения шарик отскакивает от плиты с такой же по модулю скоростью. Найдите силу, действующую на плиту при ударе, считая ее постоянной. Время соударения равно 0,01 с.

#### Решение

При ударе шар и плита действуют друг на друга с силами, равными по модулю, но противоположными по направлению. Определив силу, действующую на шарик со стороны плиты, мы тем самым найдем силу, с которой шарик действовал на плиту за время в течение которого длится соударение.

Во время соударения на шарик действуют две силы: сила тяжести  $mg$  и сила  $F$  со стороны плиты. 
$$\Delta \vec{p} = (\vec{F} + m\vec{g}) \Delta t$$

Обозначим через  $V_1$  скорость шарика непосредственно до удара о плиту, а через  $V_2$  скорость после удара, тогда изменение импульса шарика 
$$\Delta \vec{p} = m\vec{v}_2 - m\vec{v}_1;$$
 поэтому

В проекциях на ось  $Y$  это уравнение запишется так:

$$mV_1 - (-mV_1) = (F - mg)\Delta t$$

Учитывая, что  $V_2 = V_1 = V$ , получим

$$F = mg + (2mv/\Delta t)$$

Модуль скорости шарика при падении его с высоты  $h$  определяется по формуле  $V = \sqrt{2gh}$  = 10 м/с. Теперь, используя выражение, найдем модуль  $F$ :

$$F = 0,5Н + 100Н = 100,5Н$$

По третьему закону Ньютона

$$F_1 = -F$$

Следовательно,  $F_1 = 100,5Н$ ; эта сила приложена к плите и направлена вниз. Заметим, что, чем меньше время взаимодействия  $\Delta t$ , тем большим будет значение величины  $(2mv/\Delta t)$  в формуле по сравнению с  $mg$ .

Поэтому при соударении можно не учитывать силу тяжести. Если бы шар был сделан из пластилина, то он прилип бы к плите и модуль изменения его импульса был бы в 2 раза меньше. Соответственно и сила, действующая на плиту, была бы также в 2 раза меньше.

### Задача 2.

Во время маневров на железнодорожной станции две платформы массами  $m_1 = 2,4 \cdot 10^4$  кг и  $m_2 = 1,6 \cdot 10^4$  кг двигались навстречу друг другу со скоростями, модули которых равны  $v_1 = 0,5$  м/с и  $v_2 = 1$  м/с. Найдите скорость их совместного движения после того, как сработала автосцепка?

*Решение*

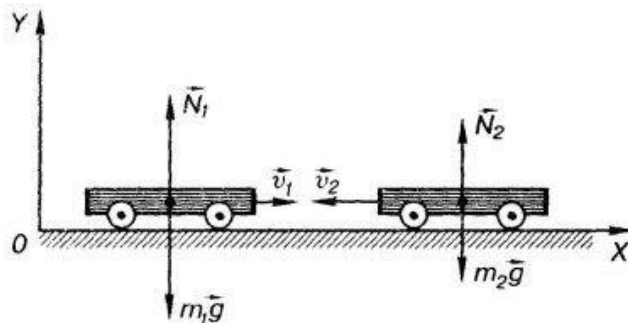
Изобразим схематично движущиеся платформы до столкновения. Внешние силы  $N_1$  и  $m_1g$ ,  $N_2$  и  $m_2g$ , действующие на тела системы, взаимно уравновешены. На платформы действуют еще силы трения, которые являются внешними для системы. При качении платформ по рельсам силы трения невелики, поэтому за малый интервал времени столкновения они заметно не изменяют импульс системы. Следовательно, можно применить закон сохранения импульса:

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

где  $\vec{u}$  — скорость платформ после сцепки.

В проекциях на ось  $X$  имеем:

$$m_1 v_{1x} + m_2 v_{2x} = (m_1 + m_2) u_x.$$



Так как  $V_{1x} = V_1$ , а  $V_{2x} = -V_2$ , то

$$U = (m_1 V_1 - m_2 V_2) / (m_1 + m_2) = -0,1 \text{ м/с}$$

Отрицательный знак проекции скорости показывает, что скорость направлена противоположно оси  $X$  (справа налево).

### Задача 3.

Два пластилиновых шарика, отношение масс которых  $m_2/m_1 = 4$ , после соударения слиплись и стали двигаться по гладкой горизонтальной поверхности со скоростью  $U$ . Определите скорость легкого шара до соударения, если он двигался втрое быстрее тяжелого ( $V_1 = 3V_2$ ), а направления движения шаров были взаимно перпендикулярны. Трением пренебречь.

*Решение*

Так как скорости  $V_1$  и  $V_2$  шаров взаимно перпендикулярны, то оси прямоугольной системы координат удобно направить параллельно скоростям. Согласно закону сохранения импульса имеем:

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

Запишем это уравнение в проекциях на оси  $X$  и  $Y$ :

$$m_1 v_{1x} + m_2 v_{2x} = (m_1 + m_2) u_x,$$

$$m_1 v_{1y} + m_2 v_{2y} = (m_1 + m_2) u_y.$$

Так как  $v_{1x} = v_1$ ,  $v_{2x} = 0$ ,  $v_{1y} = 0$  и  $v_{2y} = v_2$ , то

$$u_x = \frac{m_1 v_1}{m_1 + m_2} = \frac{3}{5} v_2,$$

$$u_y = \frac{m_2 v_2}{m_1 + m_2} = \frac{4}{5} v_2.$$

Модуль скорости  $\vec{u}$  равен:

$$u = \sqrt{u_x^2 + u_y^2} = v_2.$$

Итак,  $v_2 = u$ , следовательно,  $v_1 = 3u$ .