

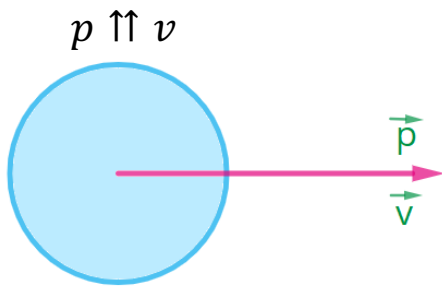
ИМПУЛЬС ТЕЛА

Импульсом тела P (количеством движения) называется векторная физическая величина, численно равная произведению массы тела на его скорость.

$$p = mv$$

Таким образом, импульс тела — это характеристика движения тела, которая напрямую зависит от его массы и скорости. Чем больше масса и/или скорость движения тела, тем больше его импульс, а значит, тем большее воздействие тело способно оказать на другие тела при взаимодействии с ними. В состоянии покоя скорость равна нулю, следовательно, и величина импульса равна нулю.

Импульс имеет направление скорости движущегося тела. Векторы скорости и импульса тела сонаправлены



Единицей измерения импульса тела, движущегося со скоростью 1 м/с, имеющего массу 1 кг, принято считать 1 кг · м/с.

$$[p] = 1 \frac{\text{КГ} \cdot \text{М}}{\text{С}}$$



Если проекция вектора скорости на ось Ox положительна, то и проекция вектора импульса на ось Ox положительна.

Если проекция вектора скорости на ось Ox отрицательна, то и проекция вектора импульса на ось Ox отрицательна.

$$p_x = m \cdot v_x$$

При взаимодействии тел их импульсы могут изменяться.

Рассмотрим изменение импульсов тел при их взаимодействии друг с другом.

Если два или несколько тел взаимодействуют только между собой (то есть не подвергаются воздействию внешних сил), то эти тела образуют замкнутую систему.

Импульс, равный векторной сумме импульсов тел, входящих в замкнутую систему, называется суммарным импульсом этой системы.

Результирующая векторная величина импульса системы тел равна векторной сумме импульсов тел, её составляющих:

$$p_{\text{сум}} = p_1 + p_2 + \dots + p_n$$

Закон сохранения импульса

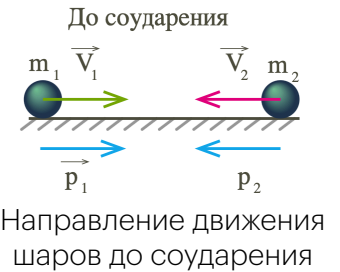
Суммарный импульс системы тел до взаимодействия равен суммарному импульсу этой системы тел после взаимодействия.

В этом заключается закон сохранения импульса, который называют также законом сохранения количества движения.

Закон сохранения импульса впервые был сформулирован Р. Декартом. В одном из своих писем он написал:

«Я принимаю, что во Вселенной, во всей созданной материи есть известное количество движения, которое никогда не увеличивается, не уменьшается, и, таким образом, если одно тело приводит в движение другое, то теряет столько своего движения, сколько его сообщает»

Для примера возьмем систему из двух тел: шары массами m_1 и m_2 равномерно и прямолинейно движутся со скоростями v_1 и v_2 , причем их скорости противоположно направлены, то есть шары движутся навстречу друг другу. Импульсы шаров записываются $p_1 = m_1 v_1$ и $p_2 = m_2 v_2$ соответственно



Когда шары приблизятся друг к другу, произойдет столкновение. Удар не будет мгновенным, он займет пусть малое, но вполне измеримое время t , при этом появятся силы взаимодействия F_1 и F_2 , которые будут приложены к первому и второму шарам соответственно. Как известно, под действием силы скорость тела меняется, поэтому изменятся и скорости шаров. После столкновения модули и направления скоростей могут быть совершенно иными, поэтому обозначим скорости v'_1 и v'_2 соответственно. Изменятся и импульсы шаров, они станут равны

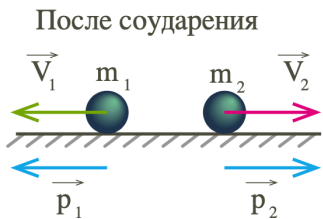
$p'_1 = m_1 v'_1$ и $p'_2 = m_2 v'_2$ соответственно.

Тогда, согласно закону сохранения импульса, имеют место равенства:

$$p_1 + p_2 = p'_1 + p'_2$$

или

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v'_1 + m_2 v'_2$$



Данные равенства являются математической записью закона сохранения импульса. Закон сохранения импульса выполняется и в том случае, если на тела системы действуют внешние силы, векторная сумма которых равна нулю.

Таким образом, более точно закон сохранения импульса формулируется так:

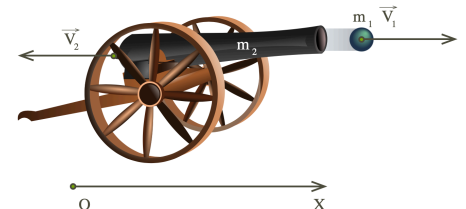
Векторная сумма импульсов всех тел замкнутой системы — величина постоянная, если внешние силы, действующие на неё, отсутствуют или же их векторная сумма равна нулю.

Импульс системы тел может измениться только в результате действия на систему внешних сил. И тогда закон сохранения импульса действовать не будет.

ПРИМЕР

При стрельбе из пушки возникает отдача: снаряд летит вперед, а само орудие откатывается назад. Почему?

Снаряд и пушка — замкнутая система, в которой действует закон сохранения импульса. В результате выстрела из пушки импульс самой пушки и импульс снаряда изменятся. Но сумма импульсов пушки и находящегося в ней снаряда до выстрела останется равной сумме импульсов откатывающейся пушки и летящего снаряда после выстрела.



В механике одним из видов взаимодействия между телами являются соударения, или удары. Удар — толчок, кратковременное взаимодействие тел, при котором происходит перераспределение кинетической энергии.

В физике под ударом понимают такой тип взаимодействия движущихся тел, при котором временем взаимодействия можно пренебречь.

Обрати внимание!

При ударе выполняется закон сохранения импульса.

Предполагается, что на время удара действием внешних сил можно пренебречь. Тогда полный импульс тел при ударе сохраняется. В противном случае нужно учитывать импульс внешних сил. Часть энергии обычно уходит на нагрев тел и звук.

Результат столкновения двух тел можно полностью рассчитать, если известно их движение до удара и механическая энергия после удара.

Если не известны потери энергии, происходит одновременное столкновение нескольких тел или столкновение точечных частиц, то определить однозначно движение тел после удара невозможно.

В общем случае решение задачи о столкновении, кроме знания начальных скоростей, требует дополнительных параметров.

Абсолютно упругий удар — модель соударения, при которой полная кинетическая энергия системы сохраняется.

В классической механике при этом пренебрегают деформациями тел. Соответственно, считается, что энергия на деформации не теряется, а взаимодействие распространяется по всему телу мгновенно.

Математическая модель абсолютно упругого удара работает примерно следующим образом:

1. есть в наличии два абсолютно твёрдых тела, которые сталкиваются.
2. В точке контакта происходят упругие деформации. Кинетическая энергия движущихся тел мгновенно и полностью переходит в энергию деформации.
3. В следующий момент деформированные тела принимают свою прежнюю форму, а энергия деформации полностью обратно переходит в кинетическую энергию.
4. Контакт тел прекращается, и они продолжают движение.

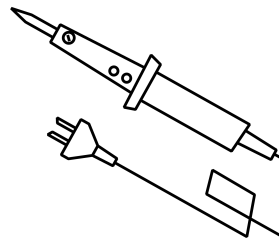
Для математического описания простейших абсолютно упругих ударов используется закон сохранения энергии:

$$\frac{m_1 u_1^2}{2} + \frac{m_2 u_2^2}{2} = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2}$$

а также закон сохранения импульса:

$$m_1 u_1 + m_2 u_2 = m_1 v_1 + m_2 v_2$$

где m_1, m_2 — массы первого и второго тела, u_1, u_2 — скорости тел до удара, v_1, v_2 — скорости тел после удара соответственно.



Обрати внимание!

Импульсы складываются векторно, а энергии — скалярно.

Пример:

частные случаи упругих ударов и их результаты:

1. абсолютно упругий удар тел равных масс (покоящегося и движущегося).

до удара



Тела равных масс (покоящееся и движущееся) до удара

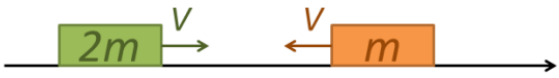
после удара



Тела равных масс (покоящееся и движущееся) после удара

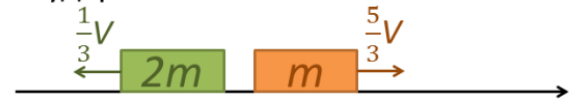
2. Абсолютно упругий удар двух тел разных масс.

до удара



Тела разных масс до удара

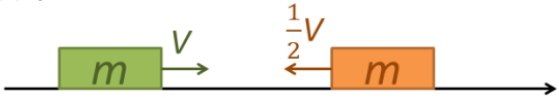
после удара



Тела разных масс после удара

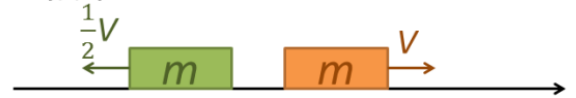
Абсолютно упругий удар тел равных масс, но с различными направлениями и модулями скоростей.

до удара



Двигающиеся навстречу друг другу с разными скоростями тела равных масс до удара

после удара



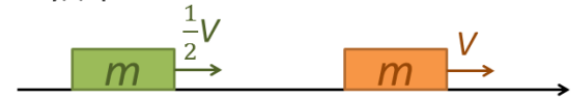
Двигающиеся навстречу друг другу с разными скоростями тела равных масс после удара

до удара



Двигающиеся в одном направлении с разными скоростями тела равных масс до удара

после удара



Двигающиеся в одном направлении с разными скоростями тела равных масс после удара

Абсолютно неупругий удар — удар, в результате которого тела соединяются и продолжают дальнейшее своё движение как единое тело.

Пример:

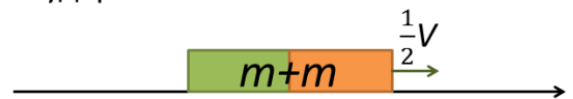
абсолютно неупругий удар тел равных масс (покоящегося и движущегося):

до удара



Тела равных масс (покоящееся и движущееся) до удара

после удара



Тела равных масс (покоящееся и движущееся) после удара

Общая скорость тел после неупругого удара может быть найдена из закона сохранения импульса: $m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v$

Где m_1, m_2 — массы первого и второго тела, v_1, v_2 — скорости тел до удара, v — общая скорость тел, полученная после удара.

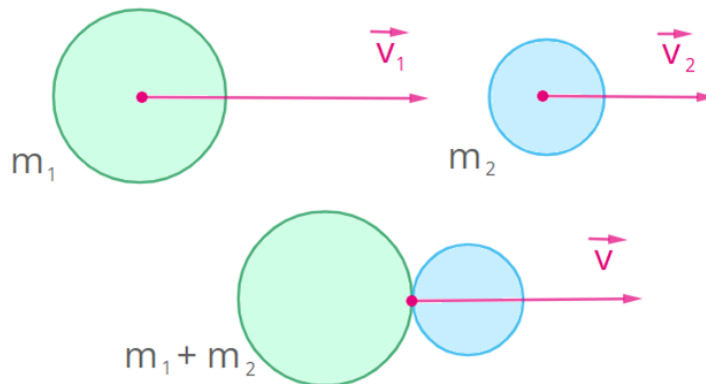
Обрати внимание!

Импульсы являются величинами векторными, поэтому складываются только векторно.

Как и при любом ударе, при абсолютно неупругом ударе выполняется закон сохранения импульса и закон сохранения момента импульса, но не выполняется закон сохранения механической энергии. Часть кинетической энергии соударяемых тел в результате неупругих деформаций переходит в тепловую.

Пример:

хорошая модель абсолютно неупругого удара — сталкивающиеся пластилиновые шарики.



Сталкивающиеся пластилиновые шарики

Импульс тела p (кг*м/с)-векторная физическая величина, равная произведению массы тела на его скорость

$$p = mv$$

где m (кг)-масса тела,
 v (м/с)-скорость тела.

Направление импульса совпадает с направлением скорости:

$$p \uparrow\uparrow v, \text{ так как } m > 0$$

Импульс тела равен нулю, если тело не движется ($v=0$)

Полный (суммарный) импульс системы равен векторной сумме импульсов всех тел:

$$p = p_1 + p_2 + p_3 + \dots = m_1 v_1 + m_2 v_2 + m_3 v_3 + \dots$$

Закон сохранения импульса: полный импульс замкнутой системы сохраняется

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v'_1 + m_2 v'_2$$

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



Частные случаи закона сохранения импульса
(в проекциях на горизонтальную ось OX)

-Неупругое столкновение движущегося тела с неподвижным телом:

$$m_1 v_{1x} = (m_1 + m_2) v_x$$

-Неупругое столкновение двух движущихся тел:

$$m_1 v_{1x} \pm m_2 v_{2x} = \pm (m_1 + m_2) v_x$$

-До взаимодействия оба тела покоятся:

$$0 = m_1 v_{1x} - m_2 v_{2x}$$

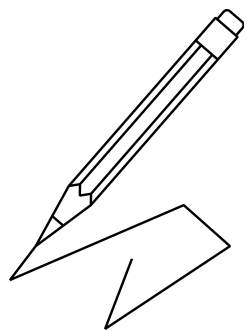
-Тела сначала движутся вместе (или являются единым целым):

$$(m_1 + m_2) v_x = \pm m_1 v_{1x} \pm m_2 v_{2x}$$

Знак проекции скорости тела зависит от выбранного направления оси OX. Если направление вектора совпадает с направлением оси OX, то проекция положительна; если противоположно, то отрицательна.



Для заметок



Large grid area for taking notes.