

ТЕОРИЯ №18. ИМПУЛЬС МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ. ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ИМПУЛЬСА.

Слово «импульс» в переводе с латинского — удар, толчок. Понятие импульса мы будем использовать для почти мгновенных явлений.

Пример

Представьте себе бильярдный стол. Игрок кием ударяет (передает импульс) шару и шарик приходит в движение. То, какое количество движения (импульс) получил шарик будет зависеть от его массы, а масса в свою очередь является мерой инертности тела, поэтому повлияет на скорость.



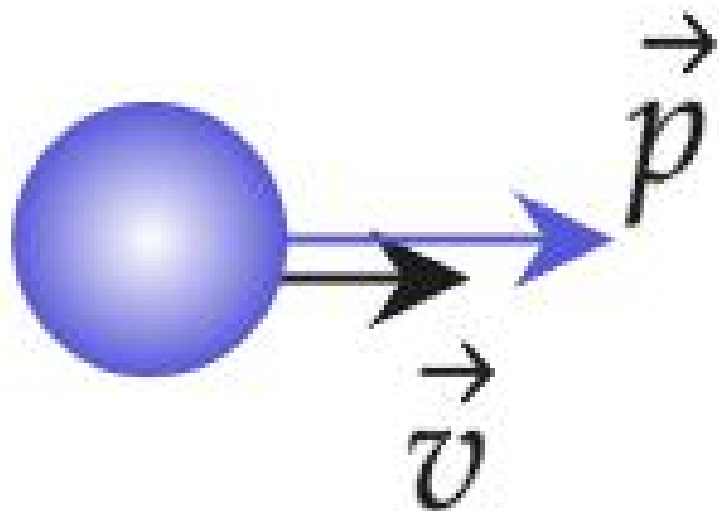
Импульс тела (p) — это векторная физическая величина, равная произведению массы тела на его скорость.

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

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

НАПРАВЛЕНИЕ ИМПУЛЬСА

Обратите внимание! Импульс — вектор, который получаем в результате умножения скаляра (массы) на вектор скорости. При умножении вектора \vec{v} на число m образуется новый вектор \vec{p} , который в m раз больше прежнего.

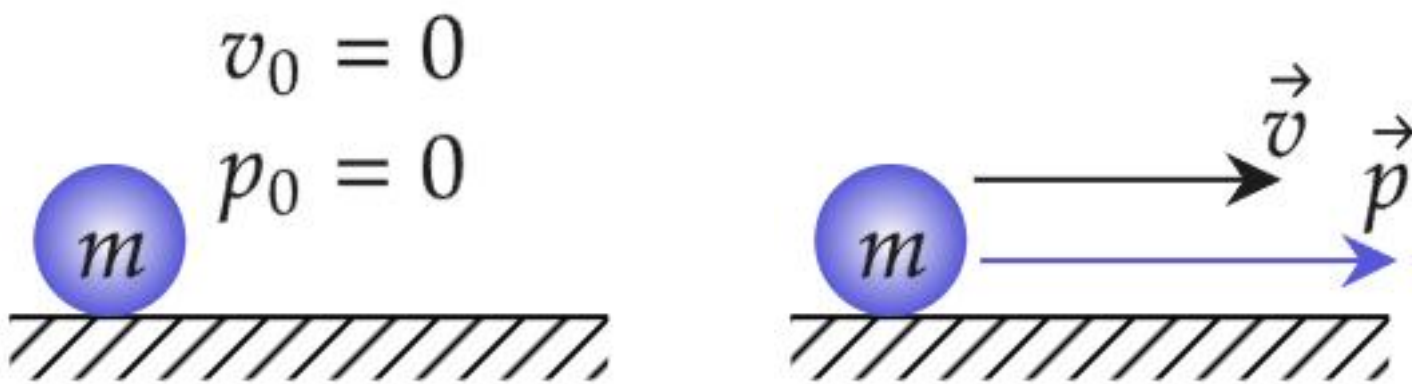


Вывод

Направление импульса тела всегда совпадает с направлением скорости его движения ($\vec{p} \uparrow \vec{v}$)

ИЗМЕНЕНИЕ ИМПУЛЬСА

Рассмотрим тело, покоящееся на гладкой горизонтальной поверхности. У него есть импульс? Нет, тело не движется, значит не обладает импульсом $p_0=0$.



Если через секунду это тело уже движется, значит у него есть импульс \vec{p} . Импульс тела изменился.

Изменение импульса тела равно разности конечного и начального значений импульса тела:



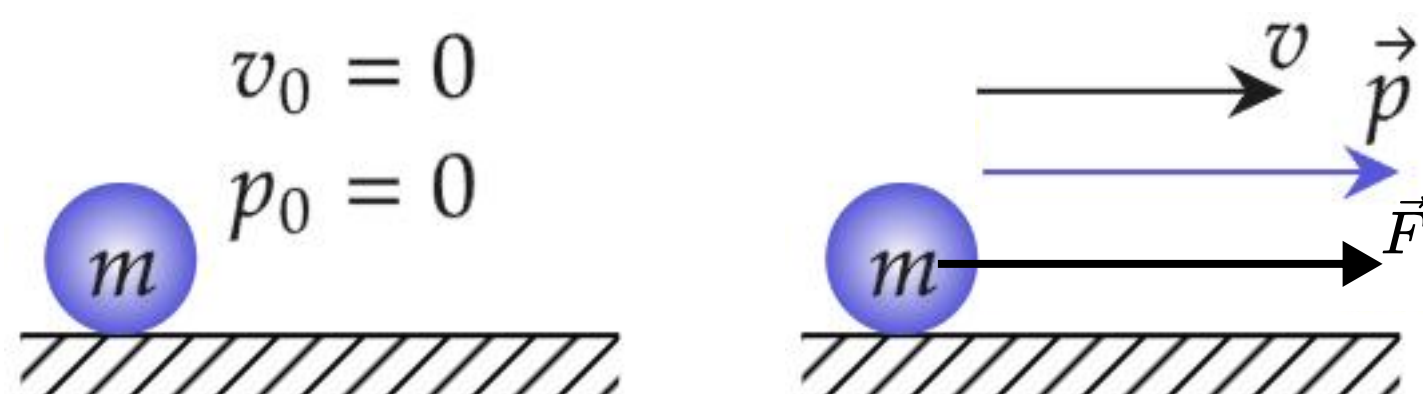
$$\Delta \vec{p} = \vec{p} - \vec{p}_0$$

Где \vec{p}_0 — начальный импульс тела,
 \vec{p} — конечный импульс тела.

ИМПУЛЬС СИЛЫ

По какой причине изменился импульс тела? Очевидно, что на тело подействовала внешняя сила.

Если на тело действует внешняя нескомпенсированная сила, то его импульс изменяется.
 При этом изменение импульса тела равно импульсу действующей на него силы.



Импульс силы — физическая величина, равная произведению силы \vec{F} на промежуток времени Δt , в течение которого действовала эта сила.

В СИ: $[F \cdot \Delta t] = 1 \text{ Н} \cdot \text{с}$

Если на тело действует сила, то у него есть ускорение. Для вывода связи между импульсом силы и изменением импульса воспользуемся вторым законом Ньютона и определением ускорения.

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{\Delta t}$$

$$\vec{F} = m \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{\Delta t}$$

$$\vec{F} \Delta t = m\vec{v} - m\vec{v}_0$$

$$\vec{F} \Delta t = \vec{p} - \vec{p}_0$$

Импульс силы равен изменению импульса тела:



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

Импульс силы — векторная величина, направление которой совпадает с направлением вектора силы и изменением импульса тела.

ВАЖНО!

Если на тело действует несколько сил, то в этом случае результирующий импульс всех сил, действующих на тело.

ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ИМПУЛЬСА

Совокупность нескольких взаимодействующих тел называется системой тел. Действующие на систему тел силы делятся на два вида: **внутренние** (действуют между телами в системе) и **внешние** (действуют со стороны тел, не входящих в систему).

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

Импульс каждого из тел, входящих в замкнутую систему, может меняться в результате их взаимодействия друг с другом, но при этом **суммарный импульс тел не изменяется**.

Пример: когда человек стреляет из ружья, то он чувствует отдачу. В результате взаимодействия изменилась скорость двух тел: ружья и пули.

До выстрела импульс системы был равен нулю, так как ни ружьё, ни пуля не двигались. Значит, суммарный импульс системы после выстрела должен быть также равен нулю.

После выстрела появилась скорость у обоих, однако, во-первых, их скорости направлены в разные стороны, во-вторых, так как масса ружья больше, чем у пули, то его скорость должна быть меньше, чтобы произведение массы и скорости оказались одинаковыми по величине.



Закон сохранения импульса

Векторная сумма импульсов тел, составляющих замкнутую систему, остается постоянной при любых взаимодействиях тел этой системы между собой:

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

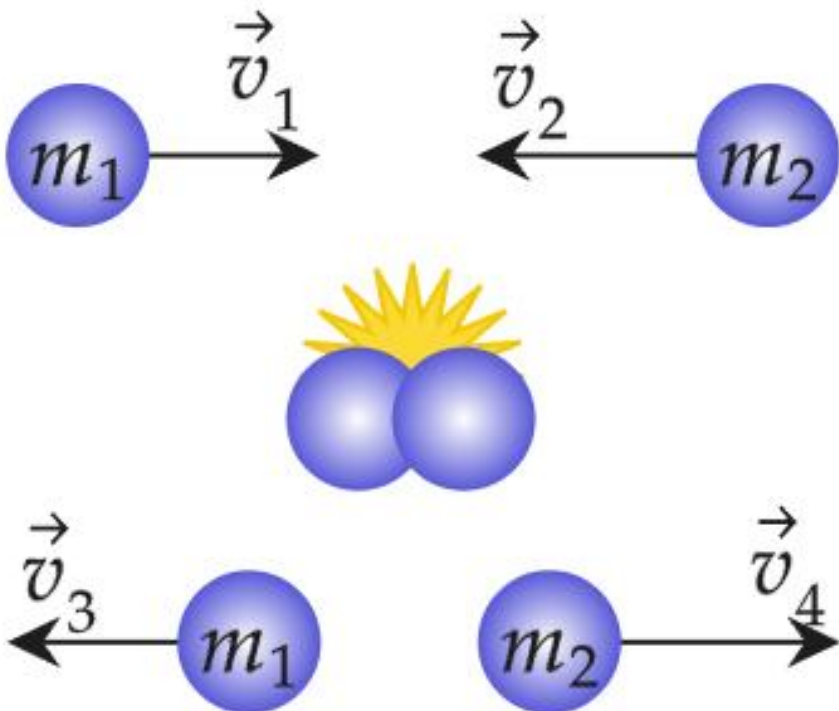
УПРУГИЙ И НЕУПРУГИЙ УДАР

Взаимодействие между телами может быть упругим и неупругим.

Абсолютно упругий удар — столкновение двух тел, в результате которого в обоих взаимодействующих телах не остаётся никаких деформаций.

При абсолютно упругом ударе взаимодействующие тела до и после взаимодействия движутся отдельно.

Закон сохранения импульса для абсолютно упругого удара (для двух тел).



$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}_3 + m_2 \vec{v}_4$$

Абсолютно неупругий удар — столкновение двух тел, в результате которого тела объединяются, двигаясь дальше как единое целое.

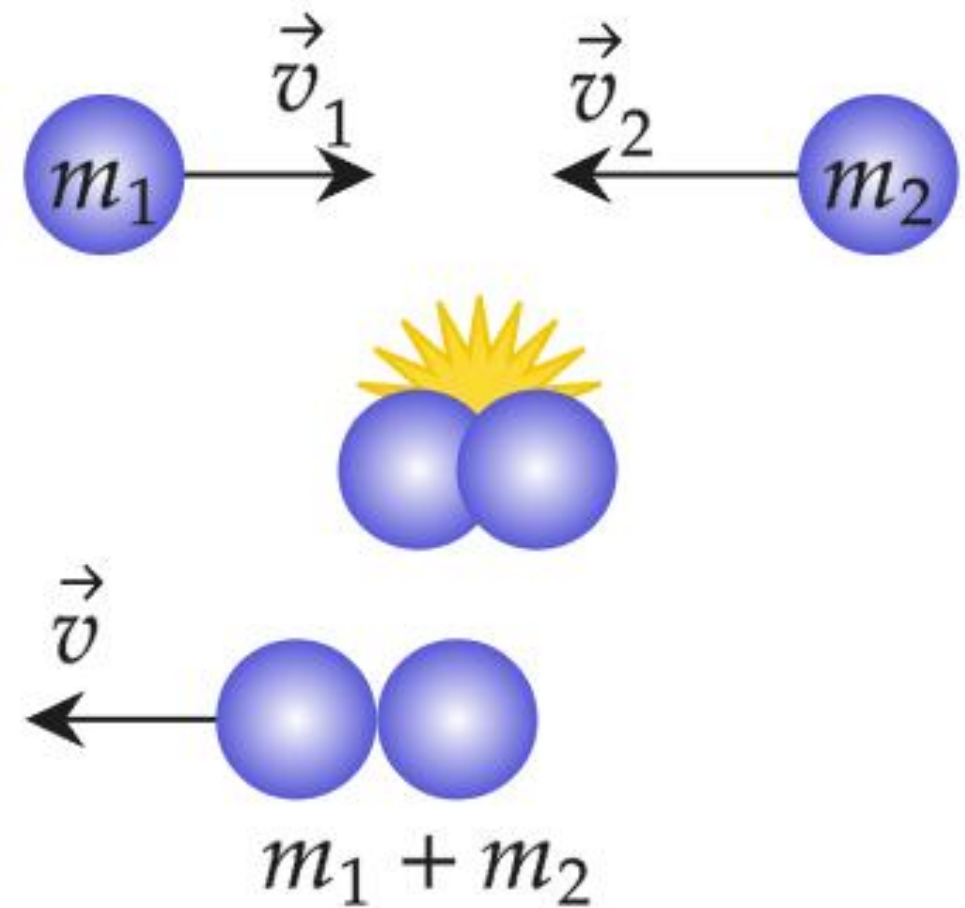
Закон сохранения импульса для абсолютно неупругого удара (для двух тел).



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

Внимание!

При решении задач на импульс не забывайте ввести координатную ось и сделать проекции векторов.



НЕЗАМКНУТЫЕ СИСТЕМЫ

Многие реальные системы тел являются незамкнутыми, но для их описания в некоторых частных случаях можно пользоваться законом сохранения импульса.

Условия применения закона сохранения импульса к незамкнутой системе тел.

1. Внешние силы, действующие на любое тело системы, уравновешиваются.
2. Проекция суммы всех внешних сил на какую-либо координатную ось равна нулю. В этом случае говорят о законе сохранения проекции импульса незамкнутой системы на данную ось.
3. Процессы взаимодействия кратковременны. При быстрых взаимодействиях (взрыв снаряда, выстрел из орудия, столкновение атомов и др.) изменения импульсов отдельных тел будут фактически обусловлены только внутренними силами, ибо внешние силы (силы тяготения, трения) не успевают существенно изменить импульс системы тел и они малы в сравнении с гораздо большими внутренними силами.