

## Лекция. Закон сохранения импульса и реактивное движение.

Движение в природе не возникает из ничего и не исчезает – оно передаётся от одного объекта к другому. При определённых условиях, движение в состоянии накапливаться, но, высвобождаясь, обнаруживает своё свойство к сохранению.

Задумывались ли вы когда-нибудь почему:

- Мяч, летящий с большой скоростью, футболист может остановить ногой или головой, а вагон, движущийся по рельсам даже очень медленно, человек не остановит (масса вагона намного больше массы мяча).

- стакан с водой находится на длинной полоске прочной бумаги. Если тянуть полоску медленно, то стакан движется вместе с бумагой. а если резко дернуть полоску бумаги - стакан остается неподвижным. (стакан останется неподвижным из-за инерции - явления сохранения скорости тела постоянной при отсутствии действия на него других тел)

- Теннисный мяч, попадая в человека, вреда не причиняет, однако пуля, которая меньше по массе, движется с большой скоростью (600—800 м/с), оказывается смертельно опасной (скорость пули намного больше, чем мяча).

Значит, результат взаимодействия тел зависит и от массы тел и от их скорости одновременно.

Еще великий французский философ, математик, физик и физиолог, основатель новоевропейского рационализма и один из влиятельнейших метафизиков Нового времени **Рене Декарт** ввел такое понятие как "количество движения". Он же высказал закон сохранения количества движения, дал понятие импульса силы.



"Я принимаю, что во Вселенной... 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." Р. Декарт

Декарт, судя по его высказываниям, понимал фундаментальное значение введенного им в XVII веке понятия количества движения — или импульса тела — как произведения массы

тела на величину его скорости. И хотя он совершил ошибку, не рассматривая количество движения как векторную величину, сформулированный им закон сохранения количества движения выдержал с честью проверку временем. В начале XVIII века ошибка была исправлена, и триумфальное шествие этого закона в науке и технике продолжается по сию пору.

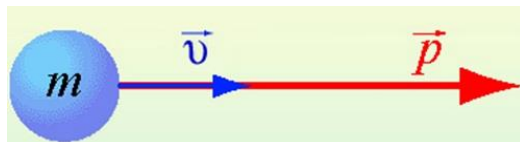
Как один из основополагающих законов физики, он дал неоценимое орудие исследования ученым, ставя запрет одним процессам и открывая дорогу другим. Взрыв, реактивное движение, атомные и ядерные превращения — везде превосходно работает этот закон. А в скольких самых обиходных ситуациях помогает разобраться понятие **импульса**, сегодня, мы надеемся, вы убедитесь сами.

**Количество движения** - мера механического движения, равная для материальной точки произведению её массы  $m$  на скорость  $v$ . Количество движения  $mv$  — величина векторная, направленная так же, как скорость точки. Иногда Количество движения называют ещё импульсом. Количество движения, в любой момент времени, характеризуется скоростью объекта определённой массы при перемещении его из одной точки пространства в другую.

**Импульсом тела (или количеством движения)** называют векторную величину, равную произведению массы тела на его скорость:



**Импульс тела направлен в ту же сторону, что и скорость тела.**

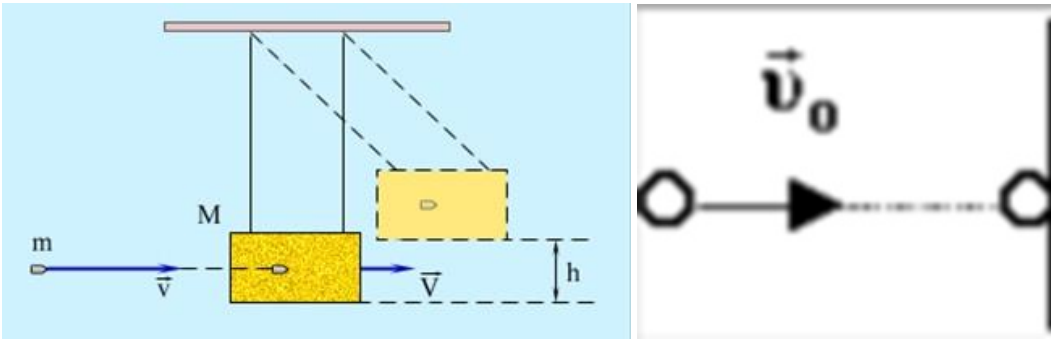


**Единицей измерения импульса в СИ является 1 кг·м/с.**

Изменение импульса тела происходит при взаимодействии тел, например, при ударах. При взаимодействии тел импульс одного тела может частично или полностью передаваться другому телу.

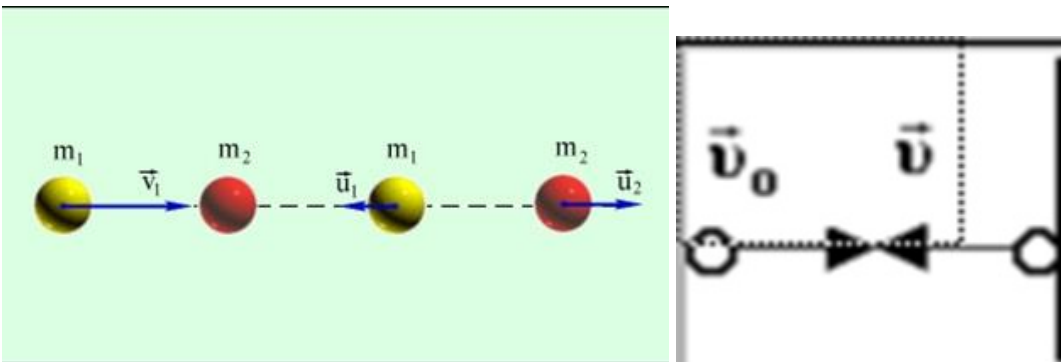
**Виды соударений:**

**Абсолютно неупругий удар** - это такое ударное взаимодействие, при котором тела соединяются (слипаются) друг с другом и движутся дальше как одно тело.



Пуля застревает в бруске и далее они движутся как одно целое. Кусок пластилина прилипает к стене.

**Абсолютно упругий удар** - это столкновение, при котором сохраняется механическая энергия системы тел.



Шарики после столкновения отскакивают друг от друга в разные стороны. Мяч отскакивает от стены.

Пусть на тело массой  $m$  в течение некоторого малого промежутка времени  $\Delta t$  действовала сила  $F$ .

Под действием этой силы скорость тела изменилась на

$$\Delta \vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$$

Следовательно, в течение времени  $\Delta t$  тело двигалось с ускорением

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

Из основного закона динамики (второго закона Ньютона) следует:

$$\vec{F} = m \vec{a} = m \frac{(\vec{v}_2 - \vec{v}_1)}{\Delta t} \quad \text{или} \quad \vec{F} \Delta t = m \vec{v}_2 - m \vec{v}_1 = m \Delta \vec{v} = \Delta(m \vec{v})$$

Физическая величина, равная произведению силы на время ее действия, называется

**импульсом силы:**  $\vec{F} \Delta t$

Импульс силы также является **векторной величиной**.

Импульс силы равен изменению импульса тела (II закон Ньютона в импульсной форме):

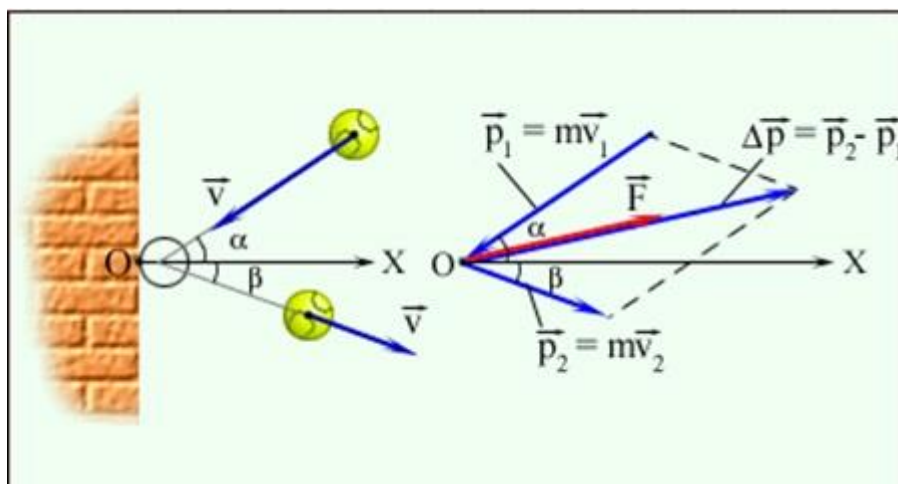
$$\vec{F} \Delta t = m \vec{v}_2 - m \vec{v}_1$$

Обозначив импульс тела буквой  $p$  второй закон Ньютона можно записать в виде:

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

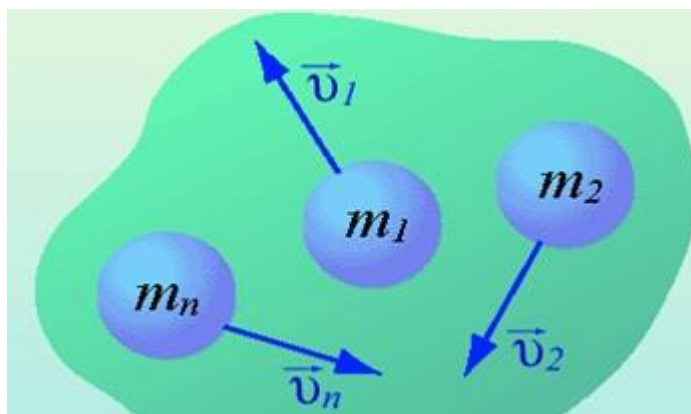
Именно в таком общем виде сформулировал второй закон сам Ньютон. Сила в этом выражении представляет собой равнодействующую всех сил, приложенных к телу.

Для определения изменения импульса удобно использовать диаграмму импульсов, на которой изображаются вектора импульсов, а также вектор суммы импульсов, построенный по правилу параллелограмма.



При рассмотрении любой механической задачи мы интересуемся движением определенного числа тел. Совокупность тел, движение которой мы изучаем, называется механической системой или просто системой.

В механике часто встречаются задачи, когда необходимо одновременно рассматривать несколько тел, движущихся по-разному. Таковы, например, задачи о движении небесных тел, о соударении тел, об отдаче огнестрельного оружия, где и снаряд и пушка начинают двигаться после выстрела, и т. д. В этих случаях говорят о движении системы тел: солнечной системы, системы двух соударяющихся тел, системы «пушка — снаряд» и т. п. Между телами системы действуют некоторые силы. В солнечной системе это силы всемирного тяготения, в системе соударяющихся тел — силы упругости, в системе «пушка — снаряд» — силы, создаваемые порохowymi газами.



Импульс системы тел будет равен сумме импульсов каждого из тел, входящих в систему.

$$\vec{p}_{сист} = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 + \dots + m_n \vec{v}_n$$

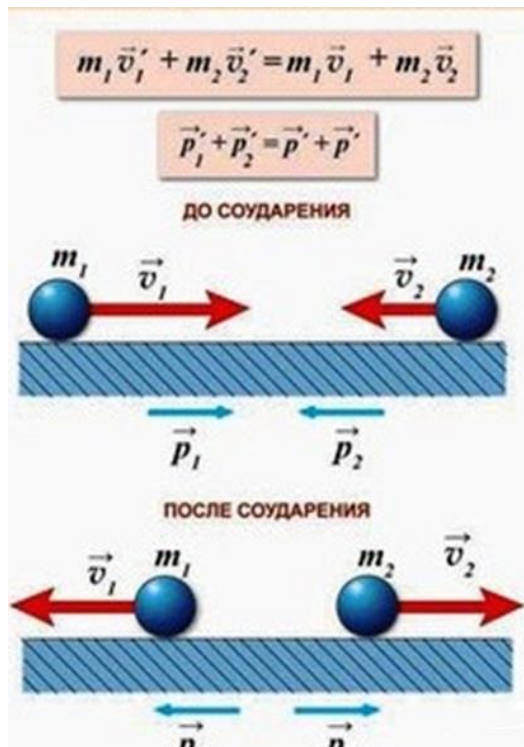
Кроме сил, действующих со стороны одних тел системы на другие («внутренние силы»), на тела могут действовать еще силы со стороны тел, не принадлежащих системе («внешние» силы); например, на соударяющиеся бильярдные шары действует еще сила тяжести и упругость стола, на пушку и снаряд также действует сила тяжести и т. п. Однако в ряде случаев всеми внешними силами можно пренебрегать. Так, при изучении соударения катящихся шаров силы тяжести уравновешены для каждого шара в отдельности и потому не влияют на их движение; при выстреле из пушки сила тяжести окажет свое действие на полет снаряда только после вылета его из ствола, что не скажется на величине отдачи. Поэтому часто можно рассматривать движения системы тел, полагая, что внешние силы отсутствуют.

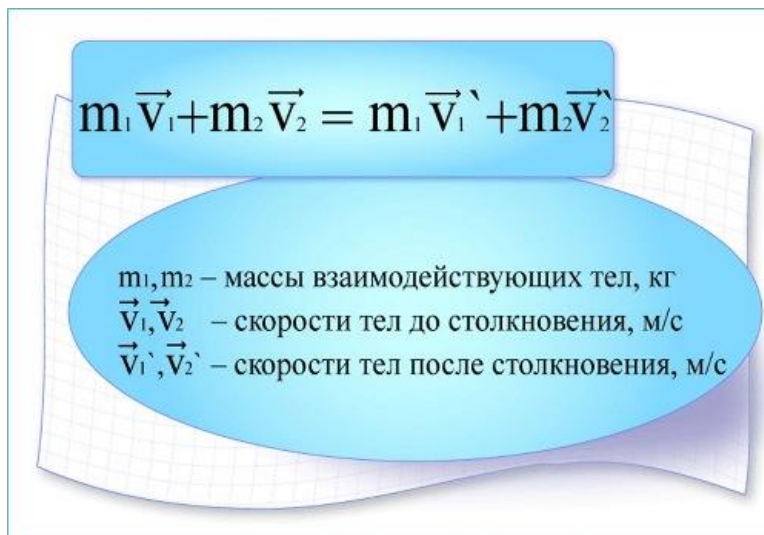
Если на систему тел не действуют внешние силы со стороны других тел, такая система называется замкнутой.

**Замкнутая система** – это система тел, которые взаимодействуют только друг с другом.

### Закон сохранения импульса.

**В замкнутой системе векторная сумма импульсов всех тел, входящих в систему, остается постоянной при любых взаимодействиях тел этой системы между собой.**





Закон сохранения импульса служит основой для объяснения обширного круга явлений природы, применяется в различных науках:

- Закон строго выполняется в явлениях отдачи при выстреле, явлении реактивного движения, взрывных явлениях и явлениях столкновения тел.
- Закон сохранения импульса применяют: при расчетах скоростей тел при взрывах и соударениях; при расчетах реактивных аппаратов; в военной промышленности при проектировании оружия; в технике - при забивании свай, ковке металлов и т.д