

## §13. ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ИМПУЛЬСА

Законы динамики Ньютона описывают движение механической системы в результате взаимодействия ее элементов и действия внешних сил. В случае одномерного движения материальной точки вдоль оси  $X$  действующая на нее сила  $\vec{F}(x, t)$  может зависеть как от координаты точки  $x$ , так и от времени.

Рассмотрим сначала, как на движение тела влияет длительность действия силы ①. Будем считать, что сила  $\vec{F}$ , начиная действовать в момент времени  $t = 0$ , остается постоянной в течение времени  $\Delta t$  и затем становится равной нулю при  $t > \Delta t$ . Подобная зависимость силы от времени реализуется, например, при броске шайбы хоккеистом.

**Временной характеристикой действия силы является импульс силы — произведение силы и длительности ее действия  $F\Delta t$ .**

Импульс силы  $F\Delta t$  численно равен площади прямоугольника со сторонами  $F$  и  $\Delta t$ . Под действием постоянной силы  $\vec{F}$  шайба массой  $m$ , покоящаяся при  $t < 0$ , будет двигаться равноускоренно с ускорением  $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$ . Скорость  $\vec{v}$ , приобретаемая ей за промежуток времени  $\Delta t$ ,

$$\vec{v} = \vec{a}\Delta t = \frac{\vec{F}\Delta t}{m}.$$

Тогда

$$m\vec{v} = \vec{F}\Delta t. \quad (1)$$

**Импульс тела — векторная физическая величина, равная произведению массы тела на его скорость и имеющая направление скорости:  $\vec{p} = m\vec{v}$  ②.**

Если начальная скорость шайбы равна  $\vec{v}_0$ , а импульс  $\vec{p}_0$ , то ее скорость  $\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{F}\Delta t/m$ , а изменение импульса

$$\vec{p} - \vec{p}_0 = \vec{F}\Delta t. \quad (2)$$

Изменение импульса тела определяется импульсом силы, действующей на него ③. При одинаковых импульсах сил  $F_1\Delta t_1 = F_2\Delta t_2$  при броске и щелчке будут одинаковы изменения импульса и конечная скорость шайбы.

Если на тело не действует внешняя сила ( $\vec{F} = 0$ ), импульс тела сохраняется:  $\vec{p} = \vec{p}_0$ .

**Реактивное движение** — движение, возникающее при отделении от тела с некоторой скоростью какой-либо его части. Важным примером реактивного движения является движение ракеты ④. Отделяющейся частью тела (ракеты) при таком движении является струя горячих газов, образующихся при сгорании топлива. При выхлопе с большой скоростью из ракеты реактивной струи топлива ракета вследствие отдачи устремляется в противоположную сторону.

**Замкнутая система тел система тел, для которой равнодействующая внешних сил равна нулю ⑤.**

Такую систему образуют, например, два шара массой  $m_1$  и  $m_2$ , движущиеся навстречу друг другу с начальной скоростью  $\vec{v}_{10}$  и  $\vec{v}_{20}$ , если пренебречь внешними силами, действующими на шары (например, силой тяжести).

**Закон сохранения импульса:**

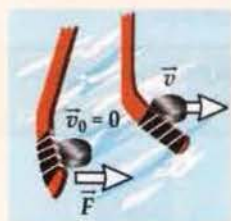
**Суммарный импульс замкнутой системы тел остается постоянным при любых взаимодействиях тел системы между собой:**

$$m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = m_1\vec{v}_{10} + m_2\vec{v}_{20}. \quad (3)$$



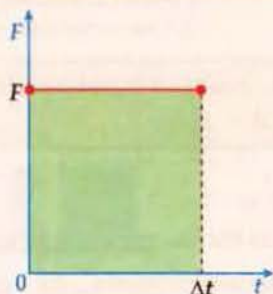
## ИМПУЛЬС СИЛЫ – временная характеристика действия силы

① Зависимость силы, действующей на шайбу при броске, от времени



Импульс силы – произведение силы на длительность ее действия:

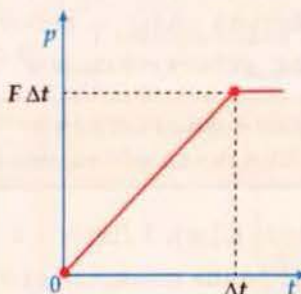
$$\vec{F} \Delta t$$



Импульс силы  $F \Delta t$  численно равен площади прямоугольника со сторонами  $F$  и  $\Delta t$

## ② ИМПУЛЬС ТЕЛА

Зависимость импульса шайбы от времени



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

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

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

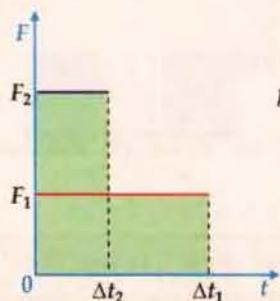
Импульс тела – векторная физическая величина, равная произведению массы тела на его скорость и имеющая направление скорости:

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

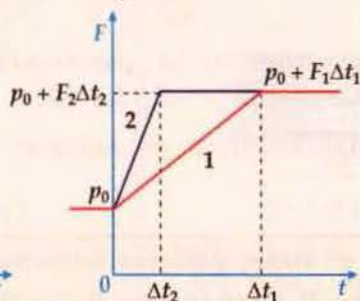
## ③ ИЗМЕНЕНИЕ ИМПУЛЬСА ТЕЛА

Равенство импульсов силы при броске шайбы и при щелчке

Зависимость импульса шайбы при броске (1) и при щелчке (2) от времени



$$F_1 \Delta t_1 = F_2 \Delta t_2$$



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

## ④ РЕАКТИВНОЕ ДВИЖЕНИЕ

Старт ракеты "Союз-ТМА"



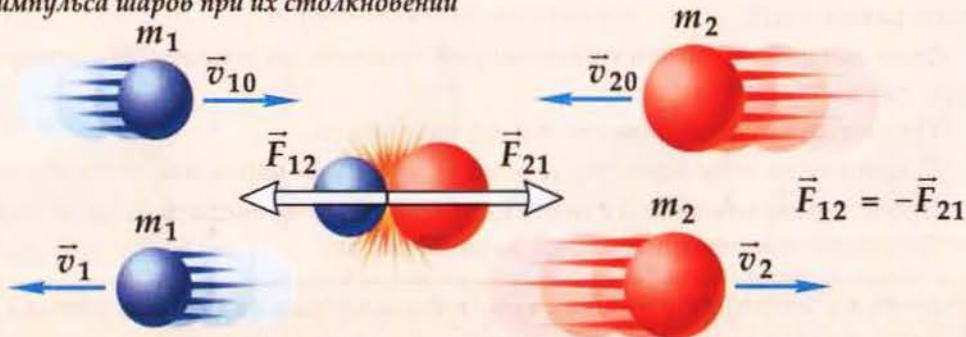
## ⑤ ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ИМПУЛЬСА

Сохранение суммарного импульса шаров при их столкновении

до взаимодействия

взаимодействие

после взаимодействия



Замкнутая система – система тел, для которой равнодействующая внешних сил равна нулю

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}_{10} + m_2 \vec{v}_{20}$$

Суммарный импульс замкнутой системы тел остается постоянным при любых взаимодействиях тел системы между собой