

ФИЗИКА Ч.1

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕХАНИКИ
МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА.
ОСНОВЫ ТЕРМОДИНАМИКИ

Дисциплина «Физика»

Лекцию читает

**Кандидат физико-математических
наук, доцент**

Кузьмин Юрий Ильич

Структура дисциплины «физика»

- Часть 1. Физические основы механики.
- Молекулярная физика и термодинамика.
- Электромагнетизм.
- Часть 2. Колебания и волны.
- Часть 3. Квантовая теория излучения.
Элементы квантовой механики.
Физика атома и ядра.

ЗАДАНИЯ НА КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ по первой части

- КР №1 Физические основы механики
- КР №2 Молекулярная физика. Основы термодинамики
2003 и др. годы издания

Рекомендуемая литература

- 1. Трофимова Т.И. Курс физики. - М.: Высш. шк., 2003 и др. годы.
- 2. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики.- М.: Высш. шк., 2001 и др. годы.
- 3. Трофимова Т.И., Павлова З. Г. Сборник задач по курсу физики с решениями. - М.: Высш. шк., 1999 и др. годы.
- 4. Цаплев В. М. и др. Курс физики. Физические основы механики. Молекулярная физика и термодинамика: Учебное пособие. – СПб.: Изд-во СЗТУ, 2006.

Электронные адреса

- Задания на контрольные работы и учебные пособия издания СЗТУ можно найти на сайте университета:

www.nwpi.ru

- Вопросы по курсу физики и контрольным работам можно задавать преподавателям кафедры по электронной почте: physics@nwpi.ru

Тема I. Кинематика

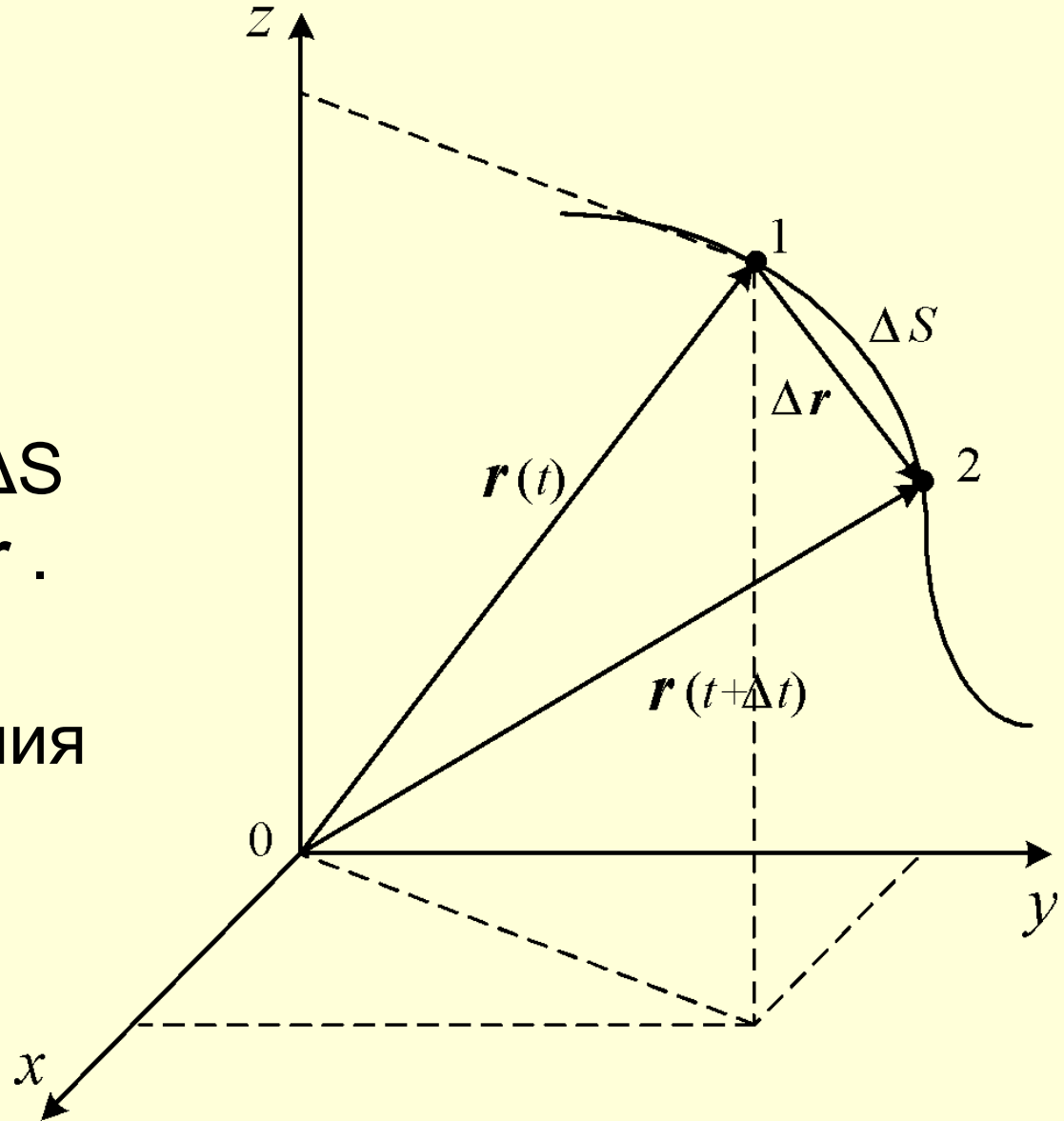
1. Кинематика поступательного движения

- **Материальная точка – это тело, размерами которого можно пренебречь в данной задаче.**

Система отсчёта- тело, которое условно считаем неподвижным; связанная с ним система координат и часы.

Геометрические характеристики движения.

- Геометрические характеристики движения:
траектория, путь ΔS
и перемещение $\Delta \mathbf{r}$.
- кинематическое уравнение движения
 $\underline{\underline{r}} = \underline{\underline{r}}(t)$



Кинематические характеристики движения

- Скорость – характеризует быстроту перемещения точки по траектории:

- Средняя скорость $\langle \mathbf{v} \rangle = \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t}$ (1)

- Направлена по вектору перемещения.

- Мгновенная скорость

$$\mathbf{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} = \frac{d\mathbf{r}}{dt} \quad (2)$$

направлена по касательной к траектории.

Ускорение

- Среднее ускорение \overline{a}
$$\langle \overline{a} \rangle = \frac{\Delta \overline{v}}{\Delta t} \quad (3)$$

- Мгновенное ускорение точки в момент времени t

$$\overline{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \overline{v}}{\Delta t} = \frac{d\overline{v}}{dt} \quad (4)$$

- Разложим полный вектор ускорения на две составляющие

$$\vec{a} = \vec{a}_n + \vec{a}_\tau$$

- В случае произвольного криволинейного движения:

$$\vec{a}_\tau = \frac{d\vec{v}}{dt}$$

- Касательная составляющая ускорения характеризует изменение скорости по величине.
- Нормальное (центростремительное) ускорение

$$a_n = \frac{v^2}{R}$$

- R – радиус кривизны траектории.

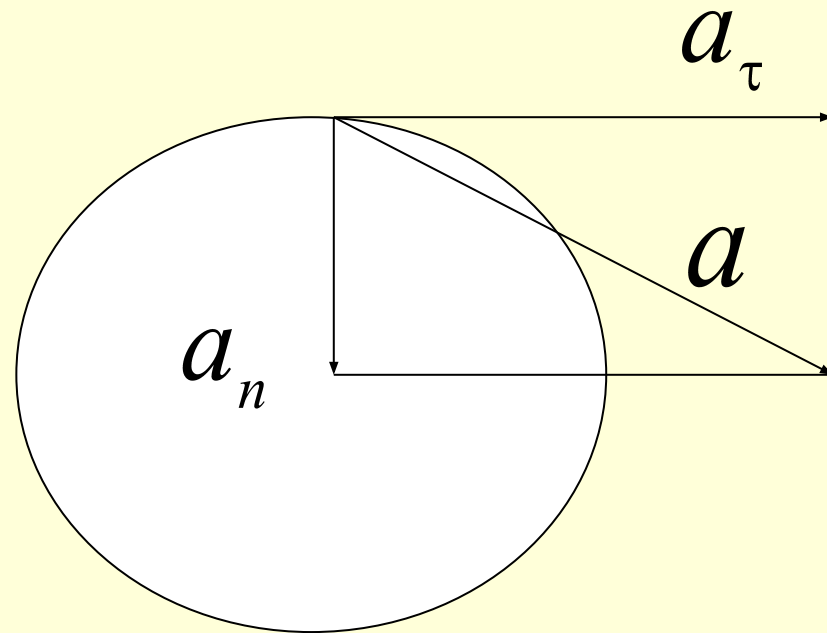
Пример 1. Равнопеременное движение по окружности

$$a_{\tau} = \frac{dv}{dt} = \text{const}$$

$$a_n = \frac{v^2}{R} \neq 0$$

$$\vec{a} = \vec{a}_n + \vec{a}_{\tau}$$

$$a = \sqrt{a_n^2 + a_{\tau}^2}$$



Задача

Материальная точка движется вдоль оси X согласно уравнению ,

$$X = A + Bt + Ct^2 + Dt^3$$

где $C = 1 \text{ м/с}^2$; $D = -0,2 \text{ м/с}^3$.

Определить, в какой момент времени ускорение равно нулю.

Дано:

$$X = A + Bt + Ct^2 + Dt^3$$

$$C = 1 \text{ м/с}^2$$

$$D = -0,2 \text{ м/с}^3$$

$$t = ? (a = 0)$$

Решение:

$$a = \frac{dv}{dt} \quad v = \frac{dx}{dt} = B + 2Ct + 3Dt^2$$

$$a = \frac{dv}{dt} = 2C + 6Dt = 0$$

$$t = -\frac{1C}{3D} = \frac{1}{3 \cdot 0,2} = 1,67 \text{ с}$$

2. Кинематика вращательного движения твёрдого тела

- Закономерности вращательного движения рассматриваем на простейшей модели – абсолютно твёрдом (недеформируемом) теле, вращающемся вокруг неподвижной оси.
- При вращении все его точки описывают окружности вокруг одной прямой - оси вращения.
- Если тело за время Δt поворачивается на угол $\Delta\phi$, то **угловая скорость** определяет быстроту изменения угла поворота во времени:

- Среднее значение: $\langle \vec{\omega} \rangle = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t}$ (5)

- Мгновенное значение: (6)

$$\vec{\omega} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} = \frac{d\varphi}{dt}$$

- Направление вектора угловой скорости $\vec{\omega}$ определяется правилом правого винта: **вектор $\vec{\omega}$ направлен так же, как направлен винт с правой резьбой при завинчивании, причем направление вращения винта совпадает с направлением вращения тела.**

Угловое ускорение

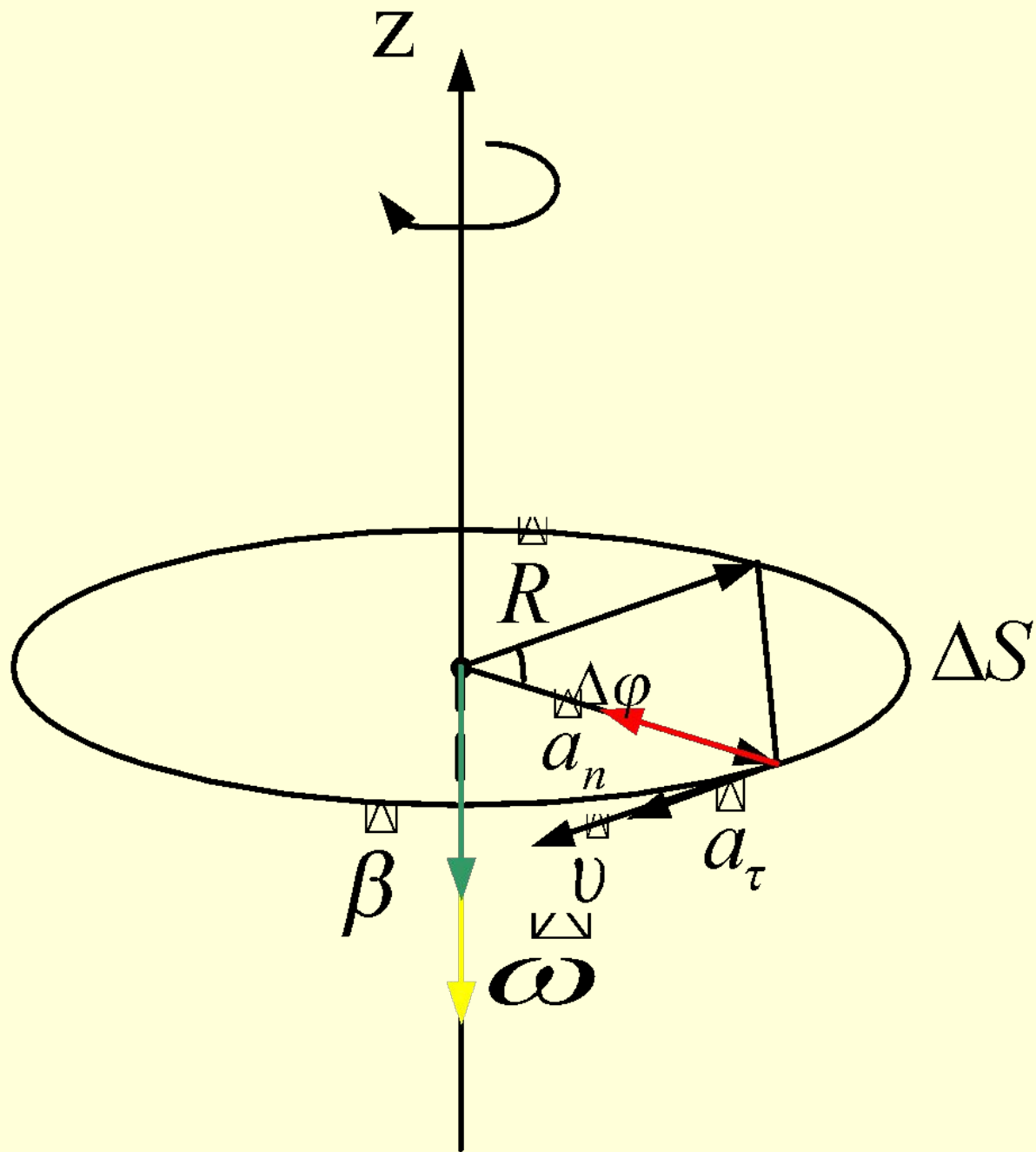
- Среднее значение $\langle \beta \rangle = \frac{\Delta \overset{\vee}{\omega}}{\Delta t}$ (7)

- Мгновенное значение $\beta = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \overset{\vee}{\omega}}{\Delta t} = \frac{d \overset{\vee}{\omega}}{dt}$ (8)

- Связь линейных и угловых величин

$$\Delta r \sim R \cdot \Delta \varphi \quad \text{при малых } \Delta t$$

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{|\Delta r \overset{\vee}{\omega}|}{\Delta t} = R \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} = R \omega \quad (9)$$



- Касательное ускорение

$$a_{\tau} = \frac{dv}{dt} = R \frac{d\omega}{dt} = R \cdot \beta \quad (10)$$

- Нормальное ускорение

$$a_n = \frac{v^2}{R} = \frac{\omega^2 R^2}{R} = \omega^2 \cdot R \quad (11)$$

При равномерном вращении

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi n$$

Где $n = \frac{1}{T}$ — число полных оборотов тела за 1

- *Пример:* 1. Чему равно центростремительное (a_n) ускорение точек земной поверхности на полюсе? Линейная скорость точки земной поверхности, находящейся на полюсе $v = 0$

следовательно

$$a_n = \frac{v^2}{R} = 0$$

- 2. На экваторе

- линейная скорость точки

$$v = \frac{2\pi R_3}{T}$$

- где R_3 – радиус Земли, $T = 8,64 \cdot 10^4$ с = 24 ч.

$$a_n = \frac{v^2}{R_3}$$

ДИНАМИКА МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ

- 1. Законы Ньютона
- **Первый закон Ньютона:** существуют такие системы отсчета, в которых тело сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения до тех пор, пока на него не подействуют другие тела. Такие системы называются **инерциальными**

- **Второй закон Ньютона:** *ускорение материальной точки прямо пропорционально вызывающей его силе и обратно пропорционально массе тела:*

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} \quad (1)$$

- \vec{F} – векторная сумма всех сил, действующих на тело.
- Сила характеризует количественное воздействие на тело со стороны других тел и направление этого воздействия; m определяет инерционные свойства тела, т.е. реакцию тела на это воздействие.

$$\vec{p} = m\vec{v} \text{ – импульс тела} \quad (2)$$

• С учетом выражения (2):

$$\vec{F} = m\vec{a} = m \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d(m\vec{v})}{dt} = \frac{d\vec{p}}{dt} \quad (3)$$

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F}$$

Выражение (3) – это более общая формулировка второго закона Ньютона. Его формулировка: **Скорость изменения импульса тела равна результирующей всех приложенных к телу сил.**

Виды сил

- В механике изучают следующие виды сил.

- 1. Сила тяготения вычисляется по закону всемирного тяготения:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

- Вблизи поверхности Земли тела приобретают ускорение свободного падения g . $P = mg$

- -сила тяжести.

- 2. Сила трения возникает при относительном перемещении тел

$$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg$$

- μ - коэффициент трения скольжения.

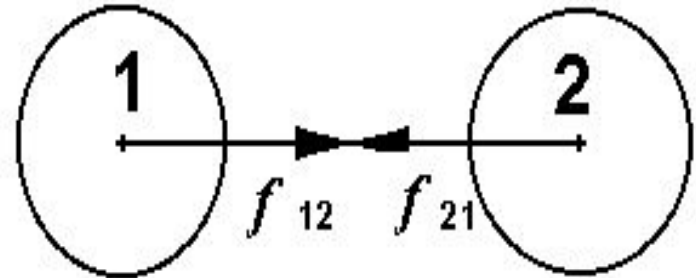
- 3. Сила упругости при малых деформациях вычисляется по закону Гука:

$$F = -kx$$

- Третий закон Ньютона:

силы, с которыми взаимодействуют две материальные точки, всегда равны по модулю, противоположны по направлению и действуют вдоль прямой, соединяющей эти точки

Существенно, что эти силы, приложенные к **разным** телам, всегда действуют парами и являются силами одной природы.



$$\vec{f}_{12} = -\vec{f}_{21}$$

Задача

- Мяч массой $0,5$ кг после удара, длящегося $0,02$ с, приобретает скорость 10 м/с. Найти среднюю силу удара.?

Дано:

$$m = 0,5 \text{ кг}$$

$$\Delta v = 10 \text{ м/с}$$

$$\Delta t = 0,02 \text{ с}$$

$$F = ?$$

Решение

- II закон Ньютона

- 1) .
$$\langle F \rangle = \frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{m\Delta v}{\Delta t}$$

2) Вычисления

$$\langle F \rangle = \frac{m\Delta v}{\Delta t} = \frac{0,5 \cdot 10}{2 \cdot 10^{-2}} = 2,5 \cdot 10^2 \text{ Н}$$

- **2. Закон сохранения импульса**
- Основные понятия:
 - 1. Система тел – это совокупность взаимодействующих тел (материальных точек), движение которых рассматривается вместе и одновременно.
 - 2. Силы, действующие между телами самой механической системы, называются внутренними силами. Силы, с которыми на материальные точки системы действуют внешние тела, называются внешними.
 - 3. Система тел, на которую не действуют внешние силы или действием внешних сил можно пренебречь по сравнению с внутренними силами, называется *замкнутой (или изолированной)* механической системой.

- 3. Закон сохранения импульса
- Импульс системы тел $\vec{P}_c = \vec{P}_1 + \vec{P}_2$ равен векторной сумме импульсов тел, входящих в систему.
- **суммарный импульс замкнутой системы тел сохраняется постоянным при любых процессах, происходящих внутри системы.**

$$\vec{P}_c = \text{const} \quad (4)$$

Вывод закона сохранения импульса основан на применении второго и третьего законов Ньютона.

- Между телами действуют внутренние силы f_1 и f_2 и внешние силы F_1 и F_2 .
- Запишем второй закон Ньютона для каждого тела:

$$\frac{d(m_1 \mathbf{v}_1)}{dt} = \mathbf{f}_1 + \mathbf{F}_1$$

$$\frac{d(m_2 \mathbf{v}_2)}{dt} = \mathbf{f}_2 + \mathbf{F}_2 \quad (5)$$

Сложим почленно эти уравнения и получим

$$\frac{d}{dt} (m_1 \mathbf{v}_1 + m_2 \mathbf{v}_2) = \frac{d\mathbf{P}_c}{dt} = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2 \quad (6)$$

так как геометрическая сумма внутренних сил по третьему закону Ньютона равна нулю.

- При отсутствии внешних сил (рассматриваем замкнутую систему)

$$\frac{d\overset{\boxtimes}{P}_c}{dt} = 0 \quad (7)$$

$$dt \quad (8)$$

$$\overset{\boxtimes}{P}_c = \sum_{i=1}^n m_i \overset{\boxtimes}{v}_i = \text{const}$$

- Это и есть закон сохранения импульса, утверждающий, что импульс замкнутой системы сохраняется, т.е. *не изменяется с течением времени.*

- **Методика решения задач на закон сохранения импульса**
- 1. Для замкнутой системы тел записывается закон сохранения импульса в векторной форме.
- 2. Выбирают направление осей координат и проецируют на них обе части векторного уравнения. Т.е. необходимо приравнять суммарный импульс замкнутой системы тел до и после взаимодействия.

- **Пример на закон сохранения импульса**

- Явление отдачи.

- До выстрела и пушка и снаряд покоились, т.е. суммарный импульс системы пушка-снаряд был равен нулю.
- В момент выстрела внутренняя сила – сила давления пороховых газов значительно больше всех внешних сил и систему тел можно считать замкнутой. При выстреле снаряд получит импульс и точно такой же по величине и противоположный по знаку получит пушка.

- Запишем закон сохранения импульса для данного случая:

$$0 = m_1 v_1 + m_2 v_2$$

- откуда скорость отдачи пушки

$$v_2 = -\frac{m_1}{m_2} \cdot v_1$$

- Если не закрепить орудие, то оно откатится в сторону, противоположную движения снаряда.

- **Реактивное движение**. Оно также объясняется на основе закона сохранения импульса. Реактивный двигатель – это машина, из которой выбрасываются с большой силой образующиеся при сгорании топлива газы. Согласно закону сохранения импульса, ракета движется в сторону, обратную направлению газового потока, причем сумма импульсов ракеты и газов остается постоянной величиной.