



## Равномерное движение

Зависимость координаты от времени при равномерном движении

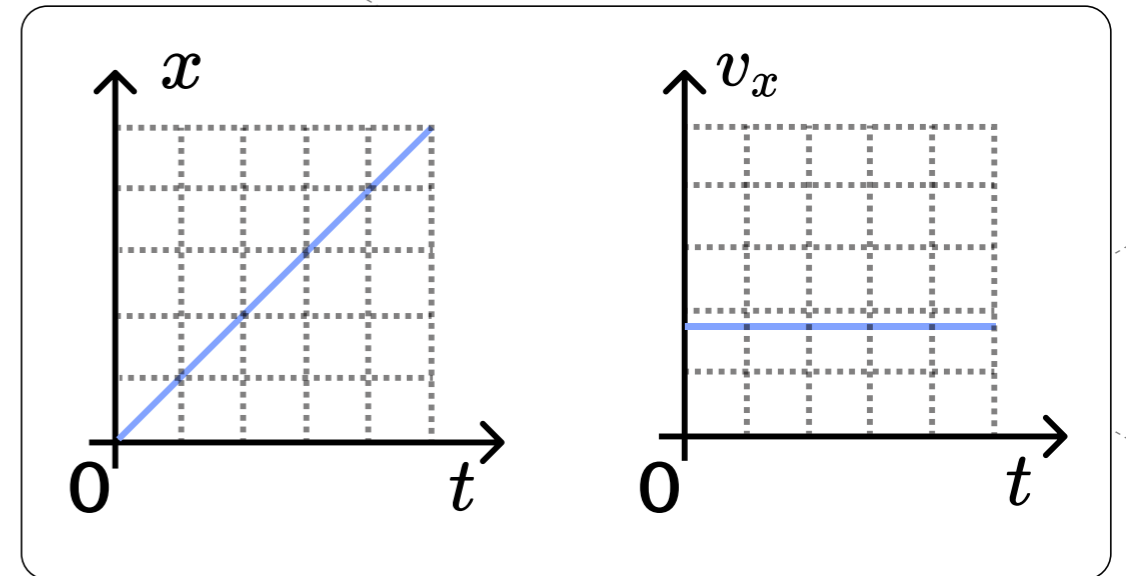
$$x(t) = x_0 + v_x t$$

$x$  — конечная координата тела [м]

$x_0$  — начальная координата [м]

$v_x$  — проекция скорости тела [м/с]

$t$  — время движения [с]



## Равноускоренное движение

Зависимость координаты от времени при равноускоренном движении

$$x = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$$

$x$  — конечная координата тела [м]

$x_0$  — начальная координата [м]

$v_{0x}$  — проекция начальной скорости тела [м/с]

$a_x$  — проекция ускорения тела [м/с<sup>2</sup>]

$t$  — время движения [с]

Зависимость координаты от времени при равноускоренном движении

$$x = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$$

$x$  — конечная координата тела [м]

$x_0$  — начальная координата [м]

$v_{0x}$  — проекция начальной скорости тела [м/с]

$a_x$  — проекция ускорения тела [м/с<sup>2</sup>]

$t$  — время движения [с]

Зависимость скорости от времени при равноускоренном движении

$$v_x = v_{0x} + a_x t$$

$v_x$  — проекция конечной скорости тела [м/с]

$v_{0x}$  — проекция начальной скорости тела [м/с]

$a_x$  — проекция ускорения тела [м/с<sup>2</sup>]

$t$  — время движения [с]



## Зависимость координаты от времени при равноускоренном движении

$$x = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$$

$x$  — конечная координата тела [м]

$x_0$  — начальная координата [м]

$v_{0x}$  — проекция начальной скорости тела [м/с]

$a_x$  — проекция ускорения тела [м/с<sup>2</sup>]

$t$  — время движения [с]

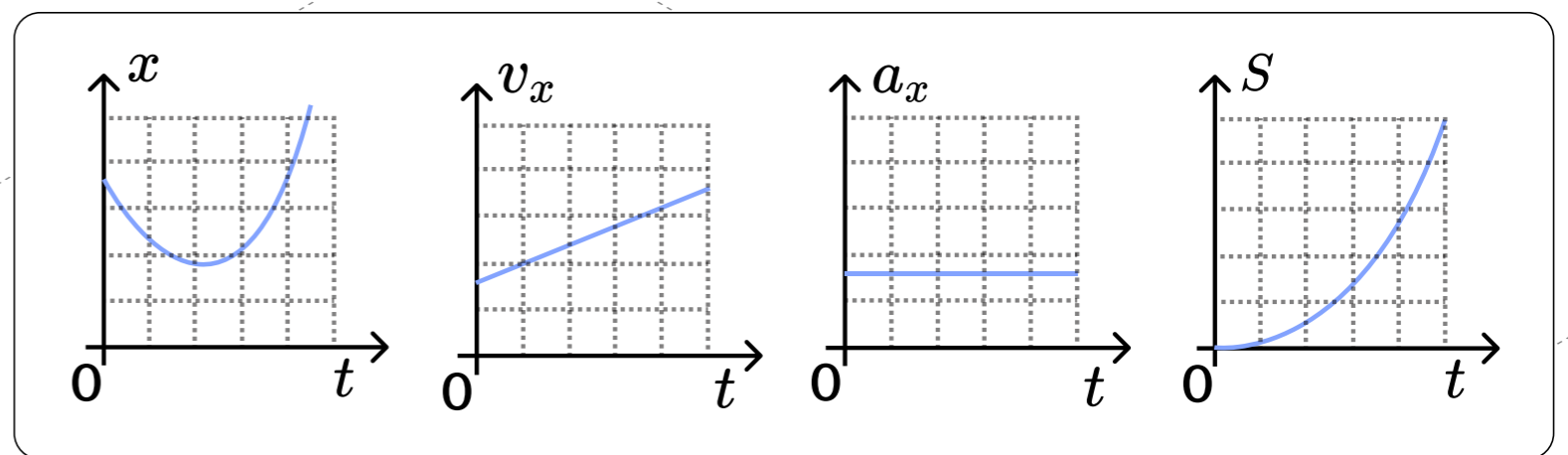


График пройденного пути  $S(t)$  не может быть отрицательным!

## Зависимость скорости от времени при равноускоренном движении

$$v_x = v_{0x} + a_x t$$

$v_x$  — проекция конечной скорости тела [м/с]

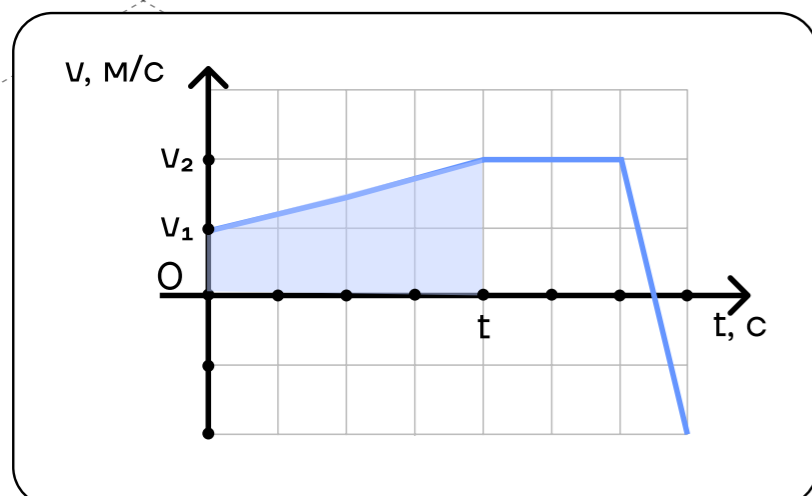
$v_{0x}$  — проекция начальной скорости тела [м/с]

$a_x$  — проекция ускорения тела [м/с<sup>2</sup>]

$t$  — время движения [с]

При движении в одном направлении путь можно найти как площадь фигуры под графиком, например:

$$S = \frac{v_1 + v_2}{2} \cdot t$$



$S$  — перемещение тела [м]

$v_2$  — конечная скорость [м/с]

$v_1$  — начальная скорость [м/с]

$t$  — время движения [с]

## Формула для перемещения без времени:

$$S = \frac{v_{2x}^2 - v_{1x}^2}{2a_x}$$

$S$  — перемещение тела [м]

$v_{2x}$  — проекция конечной скорости [м/с]

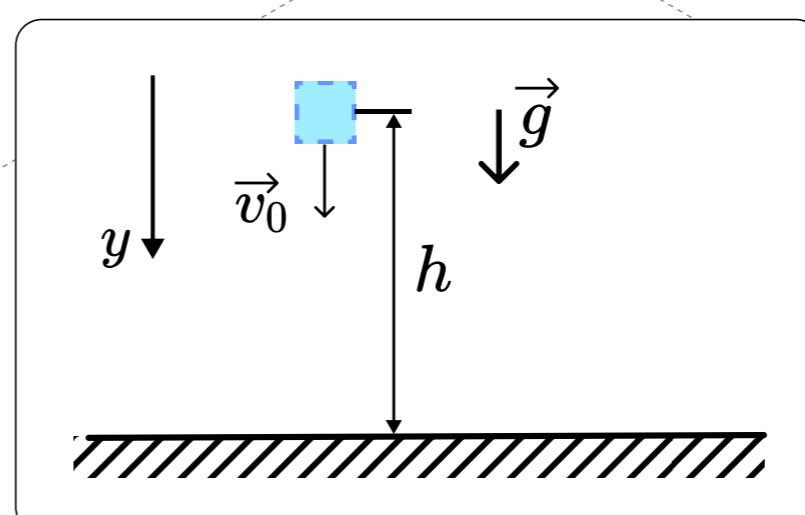
$v_{1x}$  — проекция начальной скорости [м/с]

$a_x$  — проекция ускорения [м/с<sup>2</sup>]

## Свободное падение и вертикальный полет

Зависимость координаты и скорости от времени при свободном падении

$$\begin{cases} h = \frac{gt^2}{2} \\ v = gt \end{cases}$$

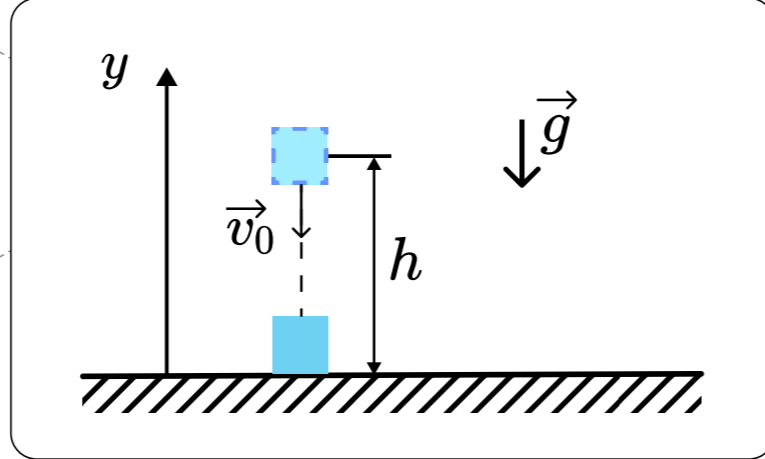
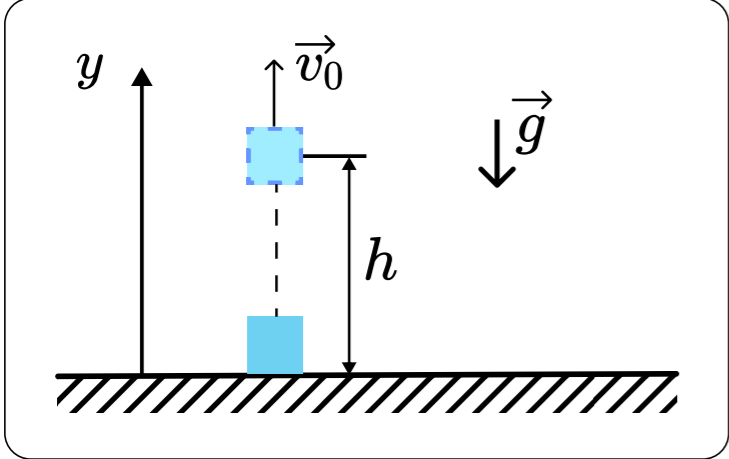




## Зависимость координаты и скорости от времени при вертикальном полете

Начальная скорость направлена вверх

Начальная скорость направлена вниз



$$\begin{cases} y = h + v_0 t - \frac{gt^2}{2} \\ v = v_0 - gt \end{cases}$$

$$\begin{cases} h = v_0 t + \frac{gt^2}{2} \\ v = v_0 + gt \end{cases}$$

## Движение по окружности

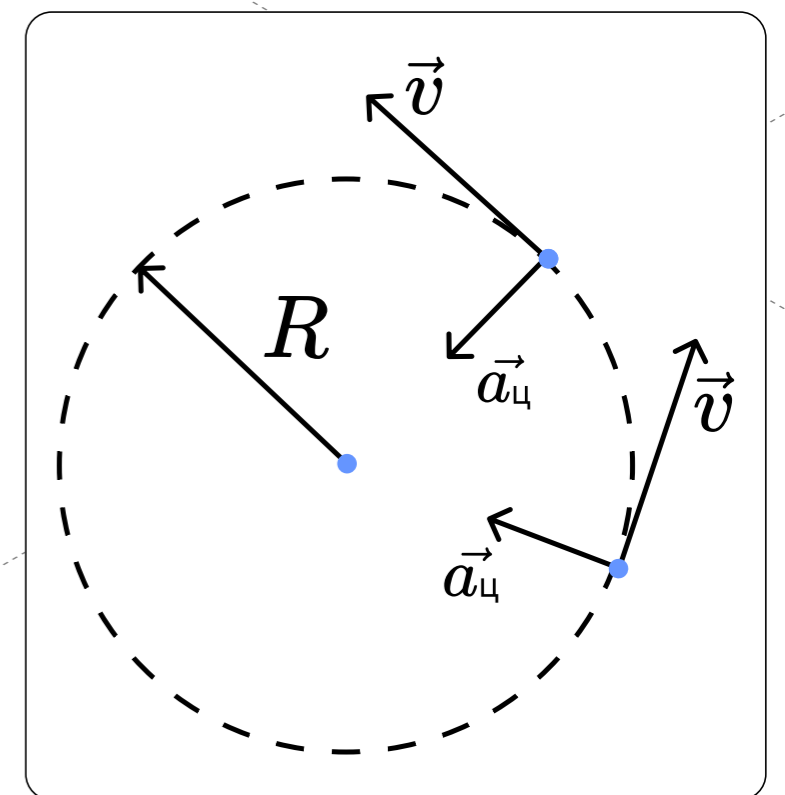
**Период** – время, за которое тело проходит всю длину окружности и возвращается в исходную точку.

$$T = \frac{t}{N} = [c]$$

$t$  – время, в течение которого двигалось тело  
 $N$  – количество оборотов, которое сделало тело

**Частота** – это величина, обратная периоду. Показывает, как много оборотов совершает тело в единицу времени.

$$\nu = \frac{1}{T} = \frac{N}{t} = [Гц]$$



Связь линейной и угловой скорости

$$v = \omega R$$

$v$  – линейная скорость [м/с]

$\omega$  – угловая скорость [рад/с]

$R$  – радиус окружности [м]

**Центростремительное ускорение:**

$$a_c = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$$

$a_c$  – центростремительное ускорение [м/с<sup>2</sup>]

$v$  – линейная скорость [м/с]

$R$  – радиус окружности [м]

$\omega$  – угловая скорость [рад/с]





## Законы Ньютона

### 1-ый закон Ньютона

Существуют такие системы отсчёта, называемые инерциальными (ИСО), в которых тело находится в состоянии покоя или движется равномерно и прямолинейно, если на тело не действуют силы или действие этих сил скомпенсировано.

### 2-ой закон Ньютона

Векторная сумма сил, действующих на тело, равна произведению массы тела на его ускорение.

$$\Sigma \vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots = m\vec{a}$$

$\Sigma \vec{F}$  – векторная сумма сил [Н]

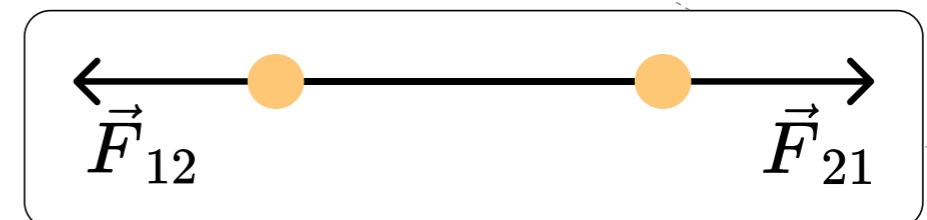
$m$  – масса [кг]

$\vec{a}$  – ускорение [м/с<sup>2</sup>]

### 3-ий закон Ньютона

Тела действуют друг на друга с силами, равными по величине и противоположными по направлению.

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



## Силы

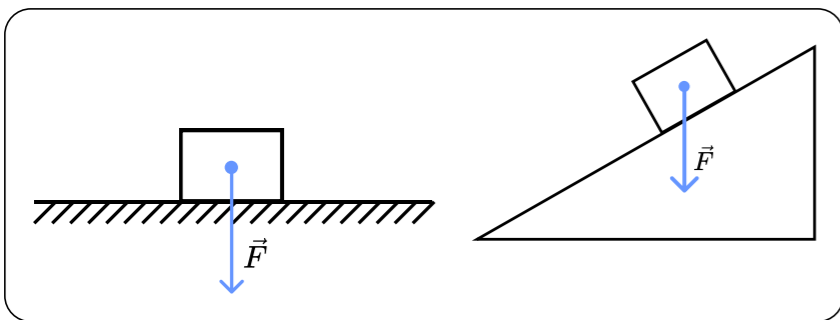
### Сила тяжести

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

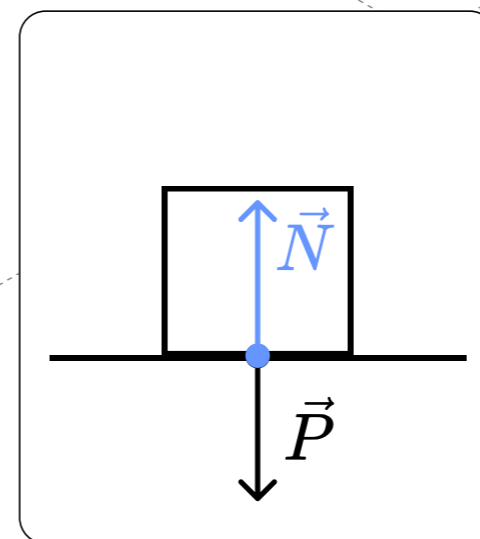
$F$  – сила тяжести [Н]

$m$  – масса тела [кг]

$g$  – ускорение свободного падения [м/с<sup>2</sup>]



### Сила реакции опоры. Вес тела

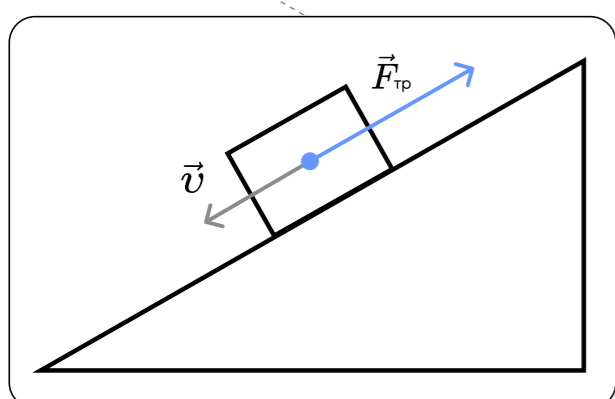


$N$  – сила реакции опоры [Н]

$P$  – вес тела [Н]

### Сила трения скольжения

$$F_{\text{тр. скольж.}} = \mu N$$



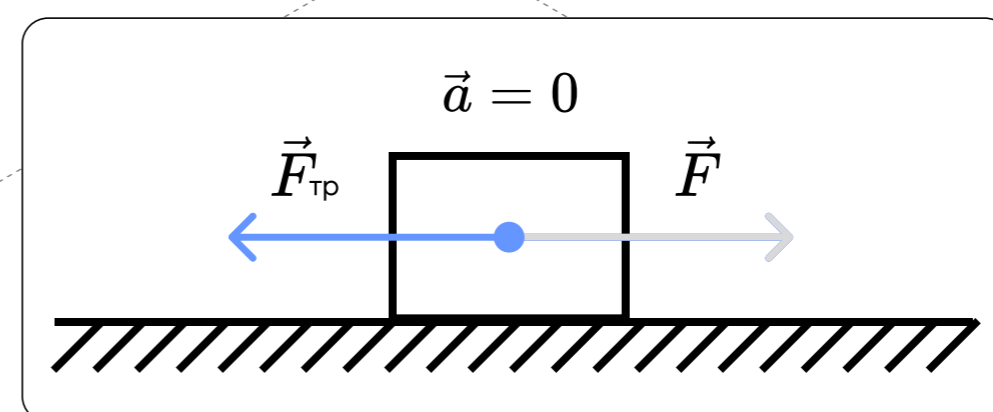
$F_{\text{тр. скольж.}}$  – сила трения скольжения [Н]

$\mu$  – коэффициент трения

$N$  – сила реакции опоры [Н]

### Сила трения покоя

$$F_{\text{тр. покоя}} \leq \mu N$$





## Силы

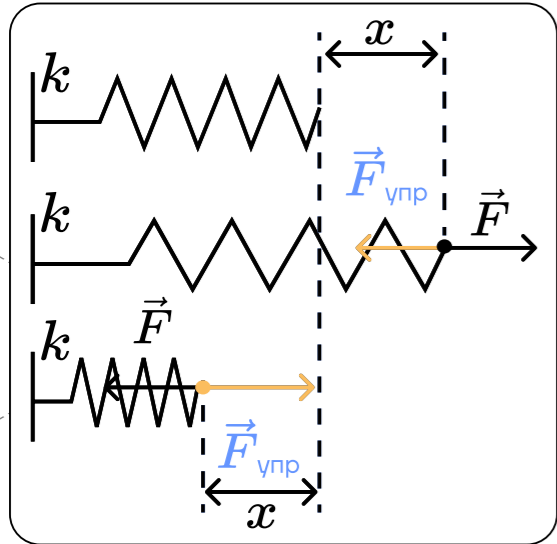
### Сила упругости. Закон Гука

$$F_{\text{упр}} = kx$$

$F_{\text{упр}}$  – сила упругости [Н]

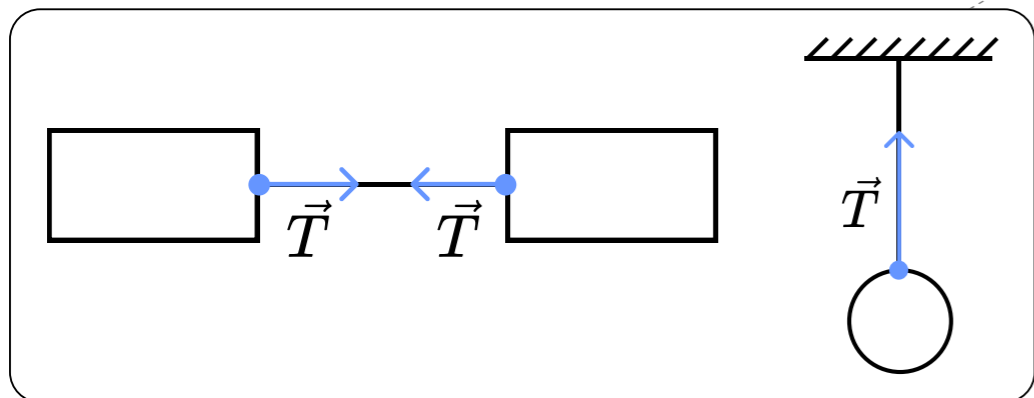
$k$  – коэффициент жесткости пружины [Н/м]

$x$  – растяжение пружины [м]



### Сила натяжения нити

$T$  – сила натяжения нити [Н]



## Импульс

### Абсолютно упругий удар

Удар, после которого тела продолжают движение отдельно, называется **абсолютно упругим ударом**. В результате такого удара, механическая энергия не переходит в другие виды энергии (тепло).

Закон сохранения импульса в векторном виде:

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

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

Закон сохранения импульса на ось Oх:

$$m_1v_1 - m_2v_2 = m_2v'_2 - m_1v'_1$$

### Гравитация. Закон всемирного тяготения

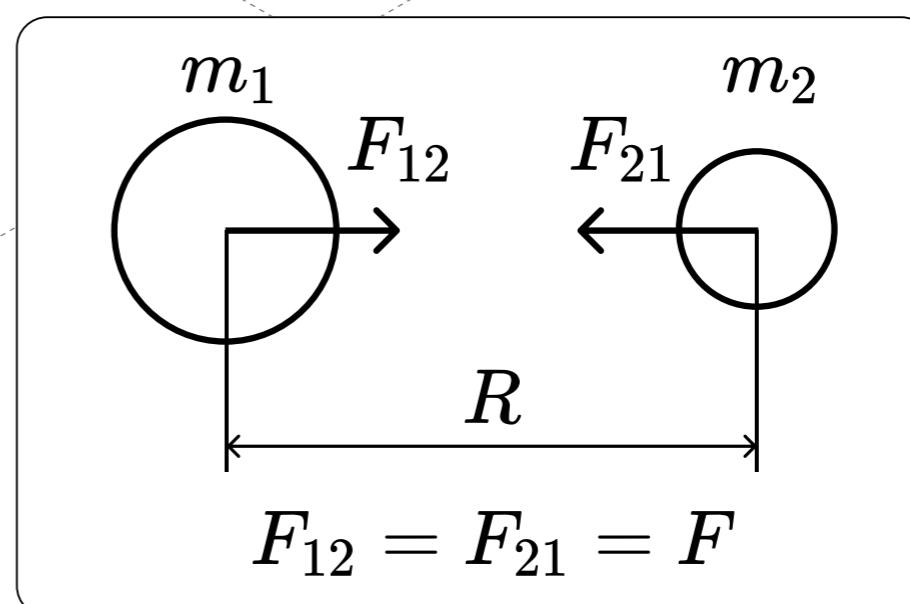
$$F = G \frac{m_1 m_2}{R^2}$$

$F$  – сила притяжения тел друг к другу [Н]

$m_1$  и  $m_2$  – массы тел [кг]

$R$  – расстояние между центрами тел [м]

$G$  – гравитационная постоянная, равная  $6,7 \cdot 10^{-11}$  [Н·м<sup>2</sup>/кг<sup>2</sup>]



### Ускорение свободного падения вблизи

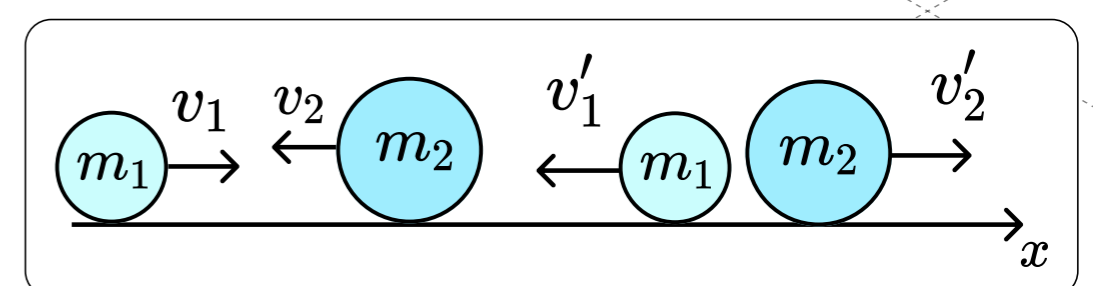
поверхности любой планеты:

$$g = G \frac{M}{R^2}$$

$M$  – масса планеты [кг]

$R$  – радиус планеты [м]

$G$  – гравитационная постоянная, равная  $6,7 \cdot 10^{-11}$  [Н·м<sup>2</sup>/кг<sup>2</sup>]

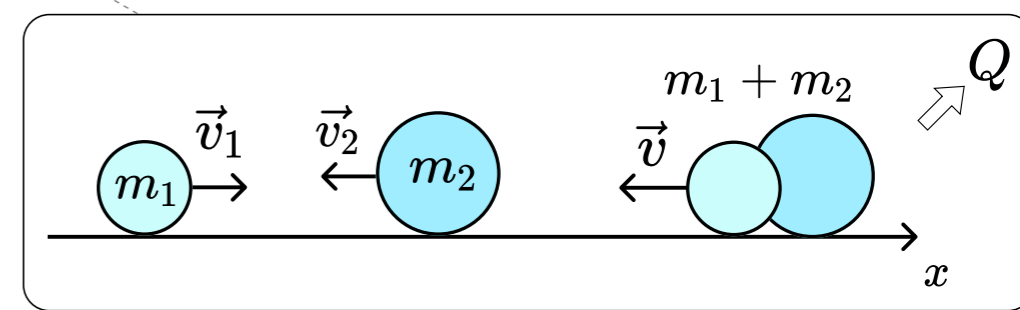




## Абсолютно неупругий удар

Удар, после которого тела слипаются, деформируются и двигаются вместе, называется **абсолютно неупругим ударом**.

В результате такого удара закон сохранения энергии не выполняется. Энергия тратится на деформацию тел и на выделение теплоты.



Закон сохранения импульса в векторном виде:

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

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

Закон сохранения импульса на ось Oх:

$$m_1v_1 - m_2v_2 = -(m_1 + m_2)v$$

## Механические колебания

**Механические колебания** – движения тел, которые совершаются с определенной периодичностью и повторяются с течением времени.

**Период** – время одного полного колебания.

$$T = \frac{t}{N}$$

$t$  – время, в течение которого совершались колебания [с]

$N$  – количество полных колебаний

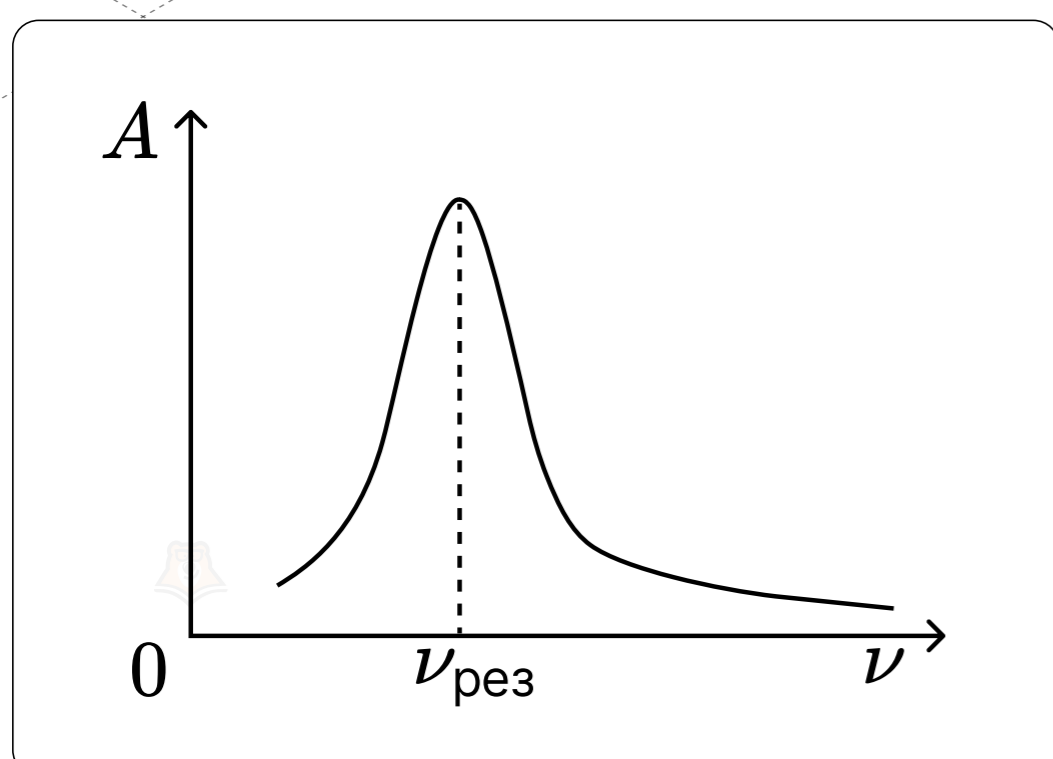
**Частота** – физическая величина, характеризующая количество колебаний в единицу времени.

$$\nu = \frac{1}{T}$$

## Резонанс

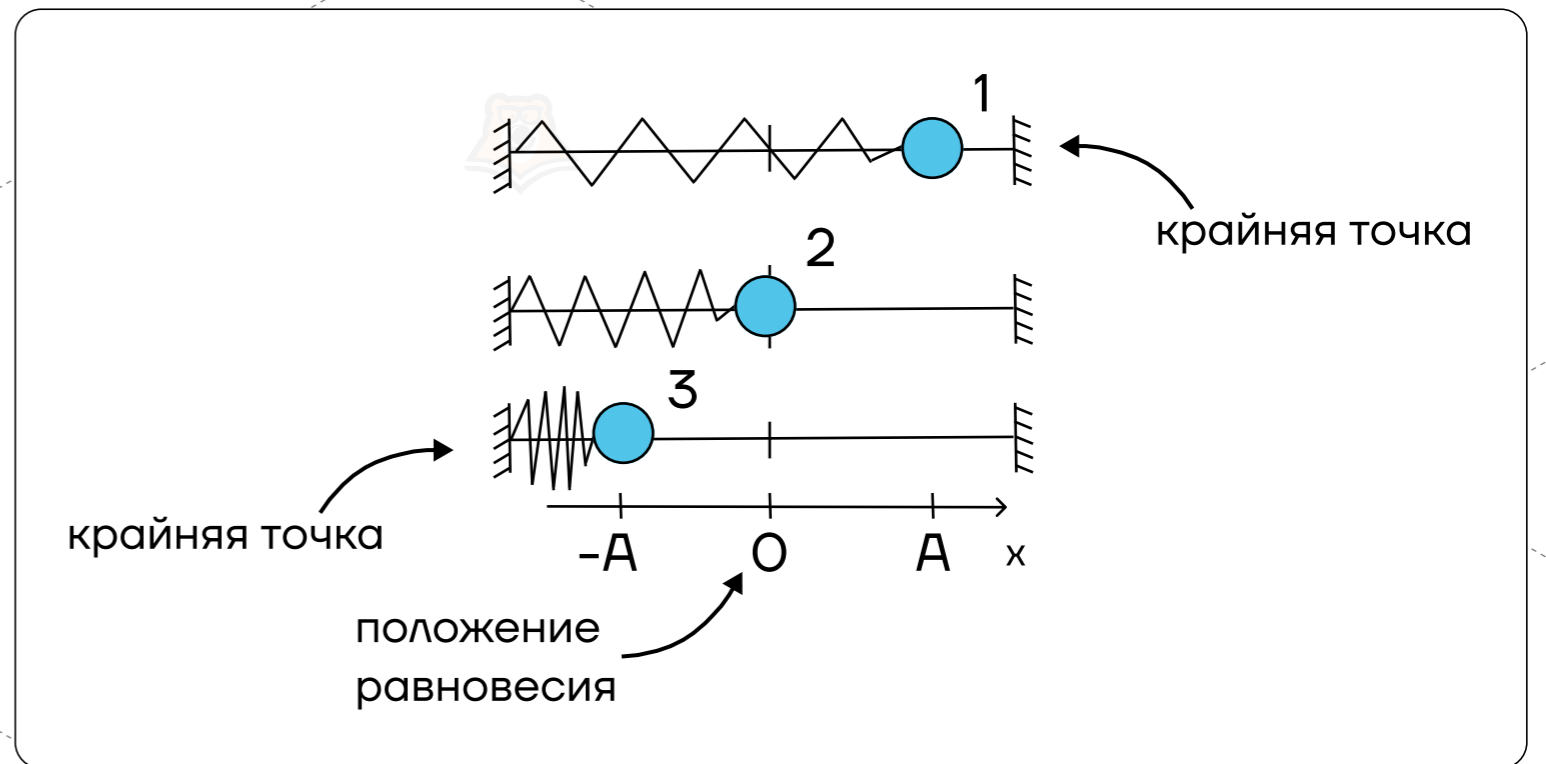
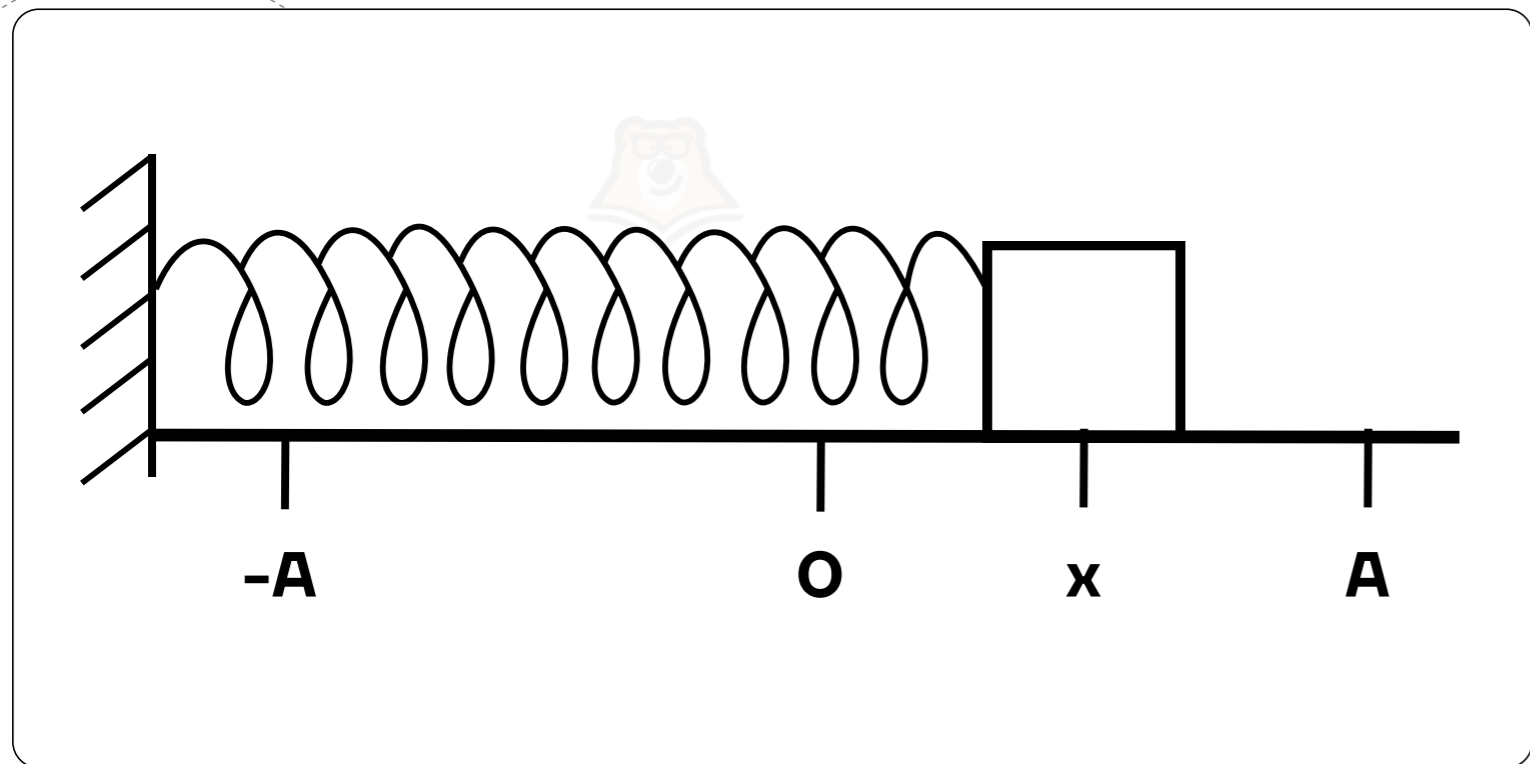
**Вынужденные колебания** – это колебания под действием постоянно прикладываемой силы.

**Резонанс** – это явление сильного увеличения амплитуды колебаний при совпадении частоты вынуждающего воздействия с собственной частотой колебаний данной системы.





## \*Пружинный маятник



Пружинный маятник – материальная точка, которая колеблется на пружине под действием силы упругости.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

$T$  – период [с]

$m$  – масса груза [кг]

$k$  – жёсткость пружины [Н/м]

Закон сохранения энергии для пружинного маятника

$$\frac{mv_{max}^2}{2} = \frac{kA^2}{2}$$

## \*Математический маятник

Математический маятник – материальная точка, которая колеблется на невесомой нерастяжимой нити в поле силы тяжести.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

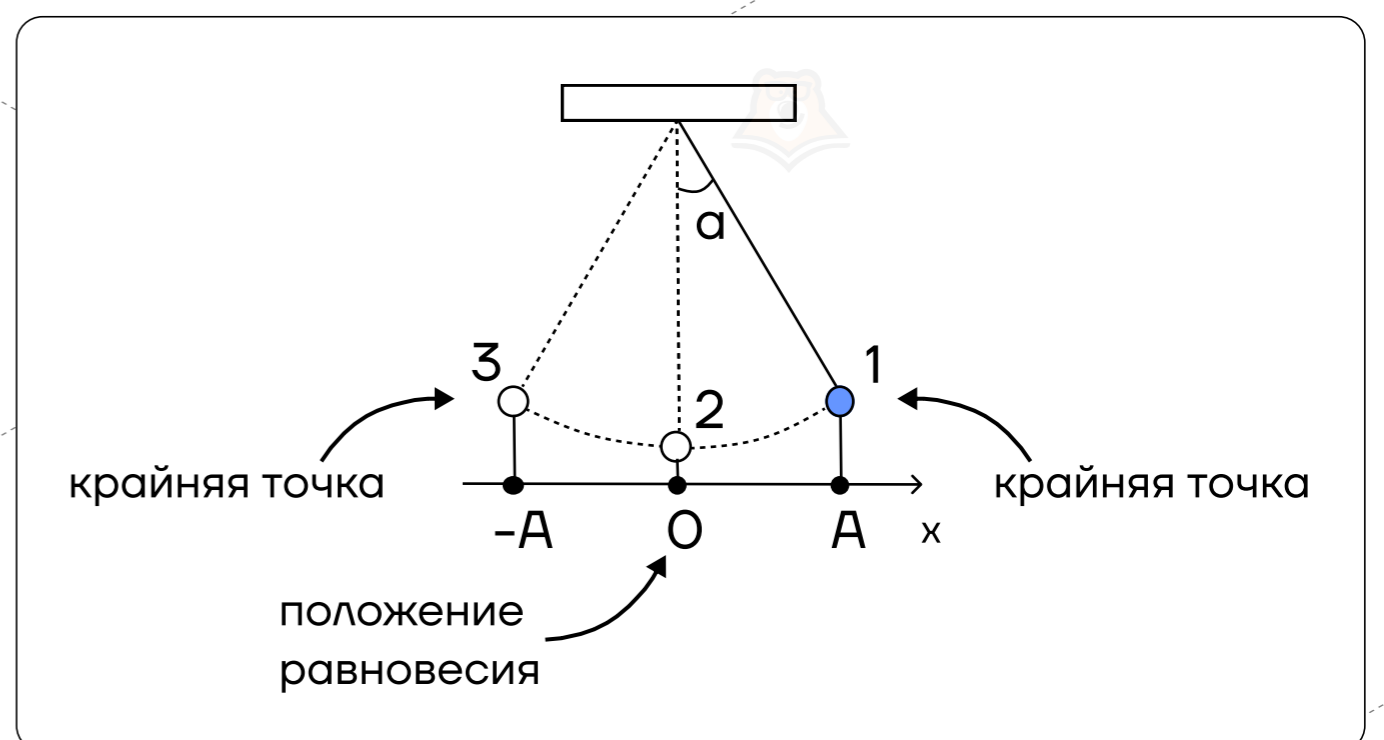
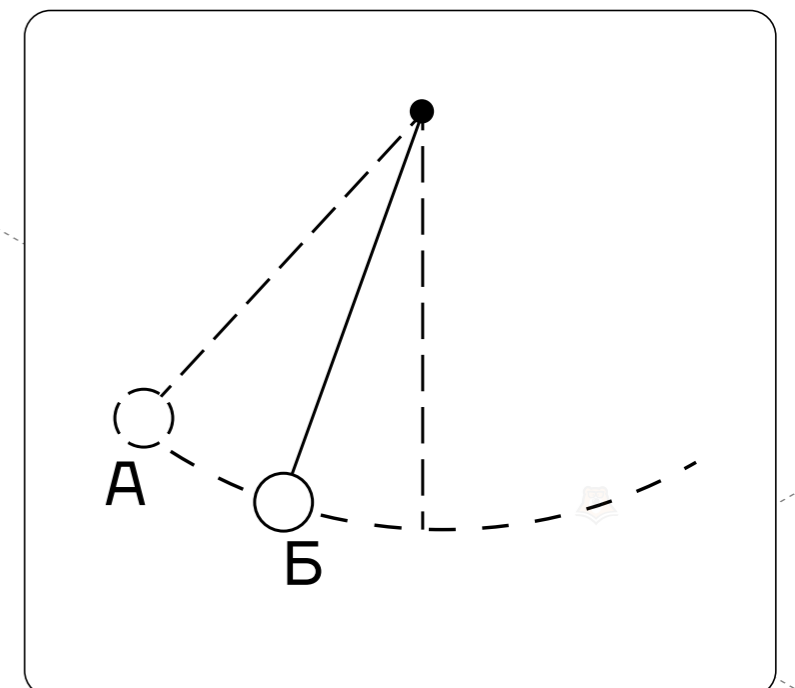
$T$  – период [с]

$l$  – длина нити [м]

$g$  – ускорение свободного падения [м/с<sup>2</sup>]

Закон сохранения энергии для математического маятника

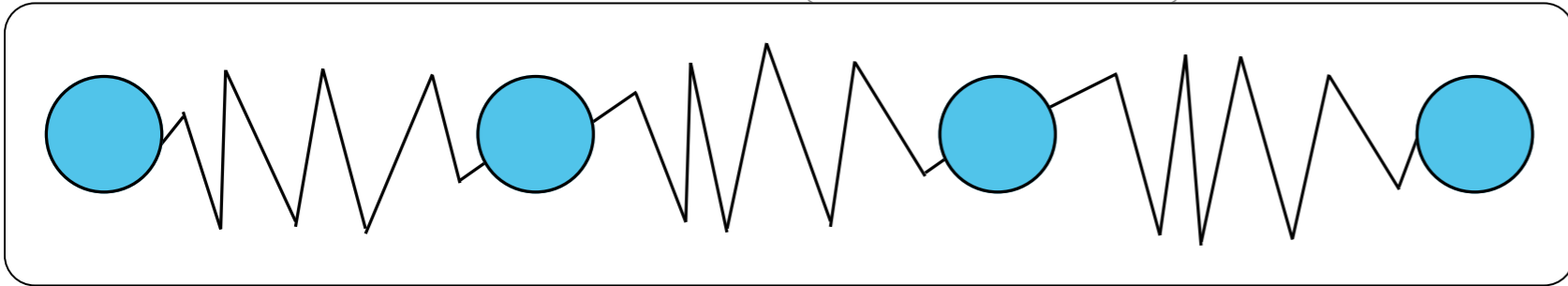
$$\frac{mv_{max}^2}{2} = mgh_{max}$$



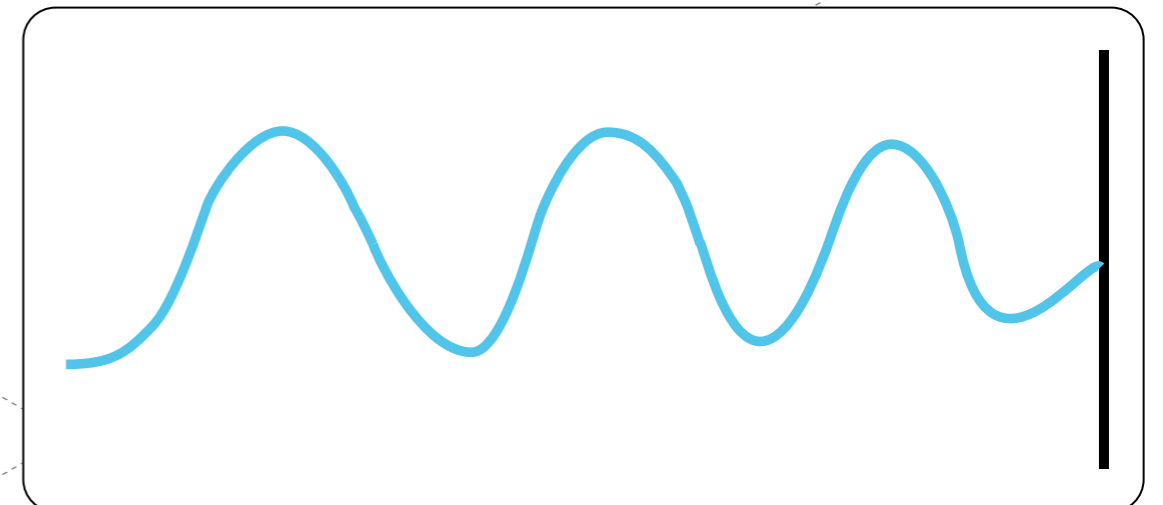


**Механическая волна** – колебание, распространяющееся в пространстве. Подразделяют на 2 вида: продольные и поперечные.

**Продольные волны**, в которых колебания происходят вдоль направления распространения. Например, ряд шаров, скрепленных пружинами друг с другом.



**Поперечные волны**, в которых колебания происходят перпендикулярно направлению распространения. Например, канат, привязанный к стене.



**Связь характеристик волны:**

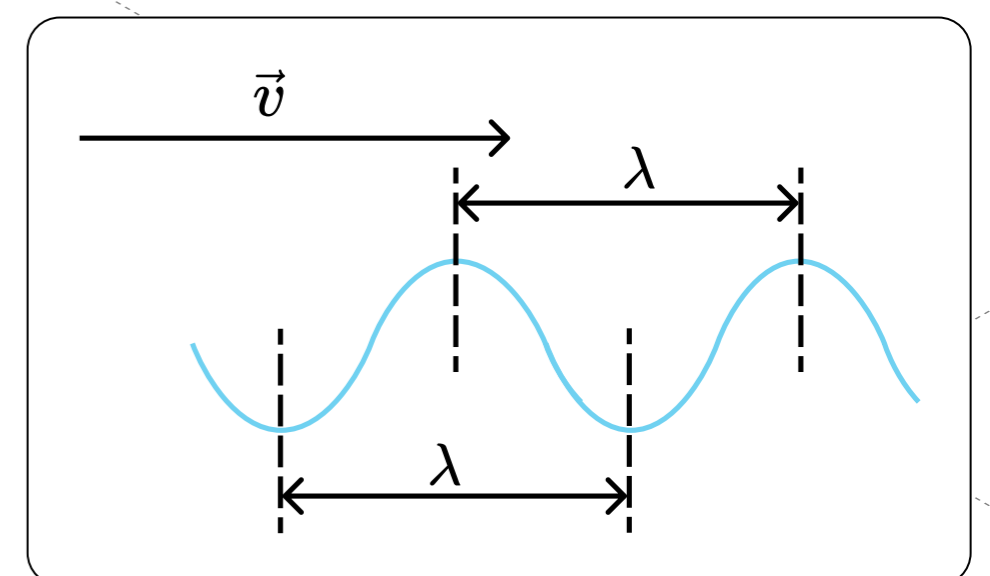
$$\lambda = vT = \frac{v}{\nu}$$

$\lambda$  – длина волны [м]

$v$  – скорость волны [м/с]

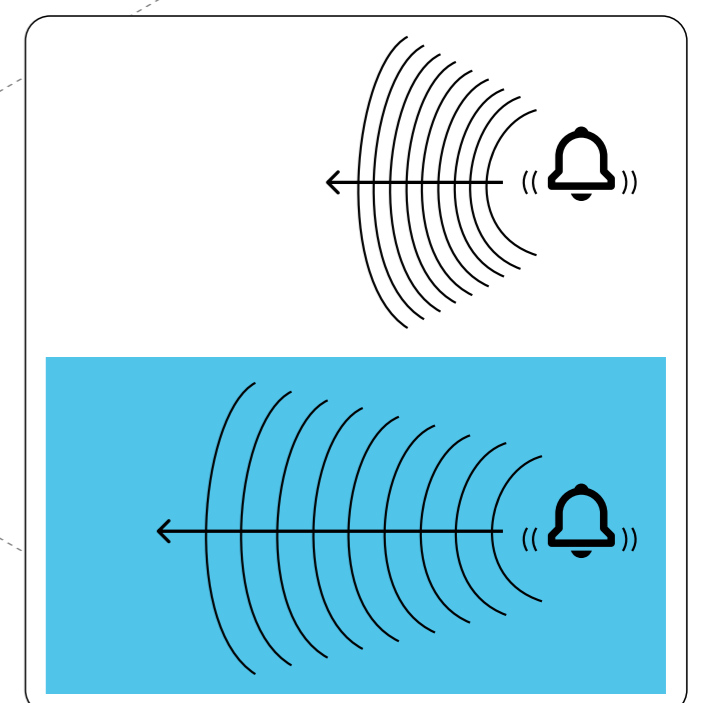
$T$  – период [с]

$\nu$  – частота [Гц]



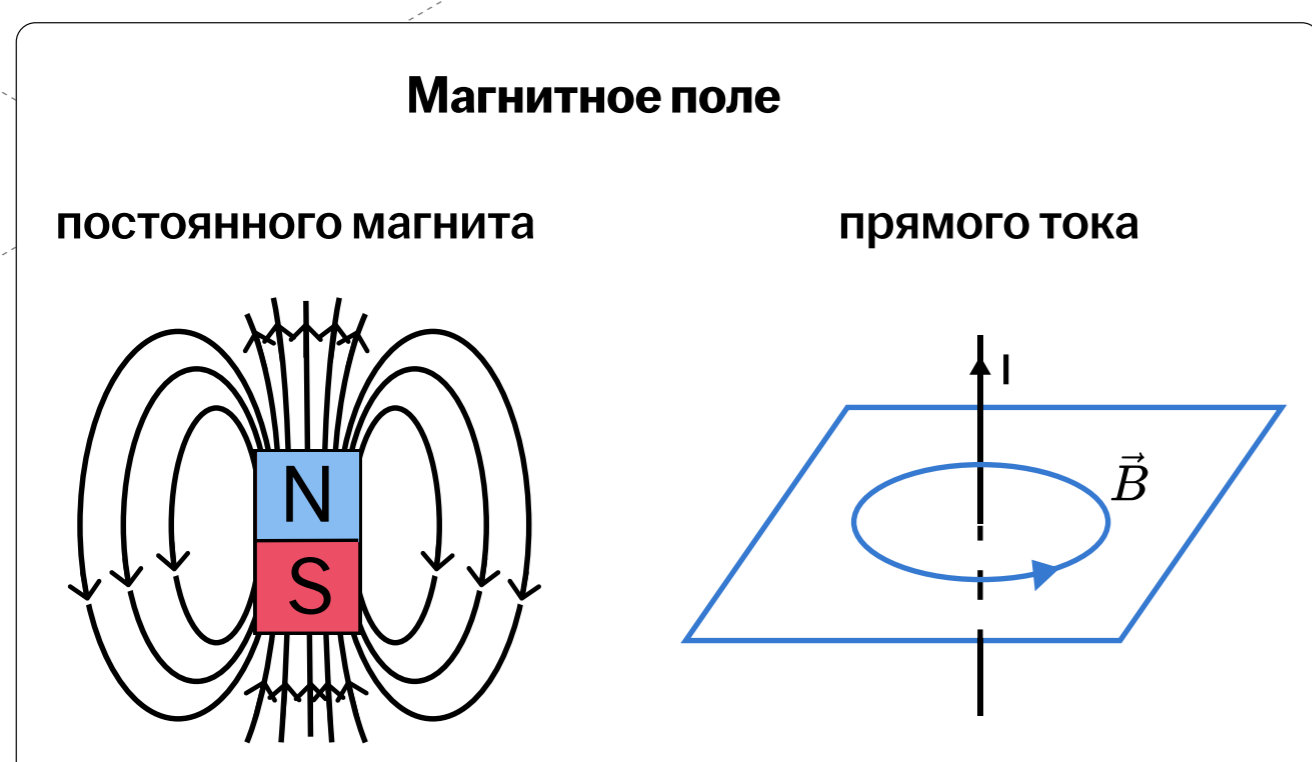
**Звук** – это продольная волна, которая воспринимается органами слуха живых существ.

При переходе волны из менее плотной среды в более плотную, ее скорость увеличивается.



## **Магнитное поле**

1. Невидимая неосязаемая материя, которая реально существует.
2. Создается движущимися заряженными частицами и магнитами (изменяющимся электрическим полем).
3. Магнитные поля двух тел взаимодействуют друг с другом, отталкиваясь или притягиваясь.







## Сила Ампера

На проводник с током во внешнем магнитном поле действует сила Ампера. Направление силы Ампера определяется по правилу левой руки.

### Правило левой руки

Если направить левую руку в направлении тока так, чтобы магнитное поле входило в ладонь, то сила Ампера будет направлена в ту же сторону, что и большой палец.

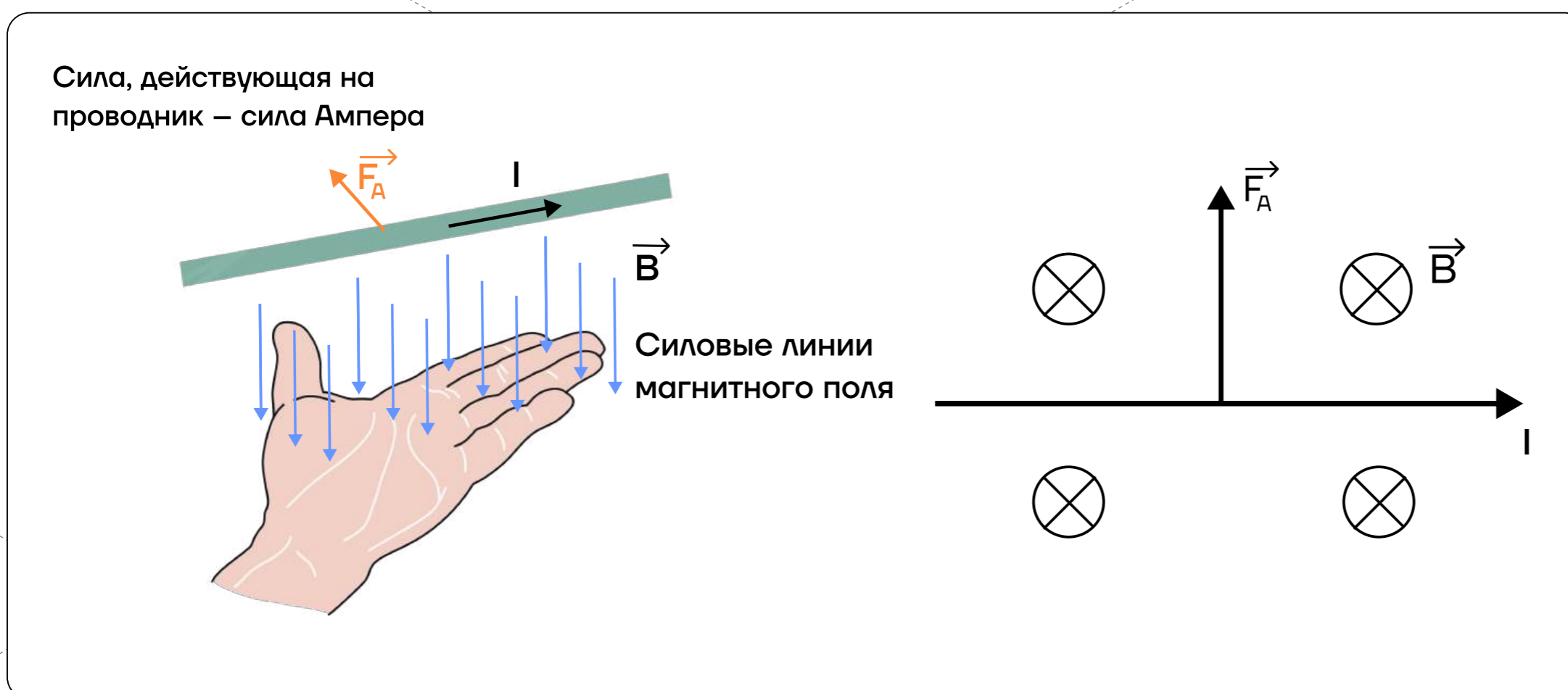
$$F_A = BIL \sin \alpha$$

I - сила тока [А]

B - вектор магнитной индукции [Тл]

L - длина проводника [м]

$\alpha$  - угол между вектором магнитной индукции и направлением тока в проводнике



## Сила Лоренца

На заряженную частицу, движущуюся в магнитном поле, действует сила Лоренца. Направление силы Лоренца определяется по правилу левой руки.

### Правило левой руки

Если направить левую руку в направлении скорости положительной частицы так, чтобы магнитное поле входило в ладонь, то сила Лоренца будет направлена в ту же сторону, что и большой палец.

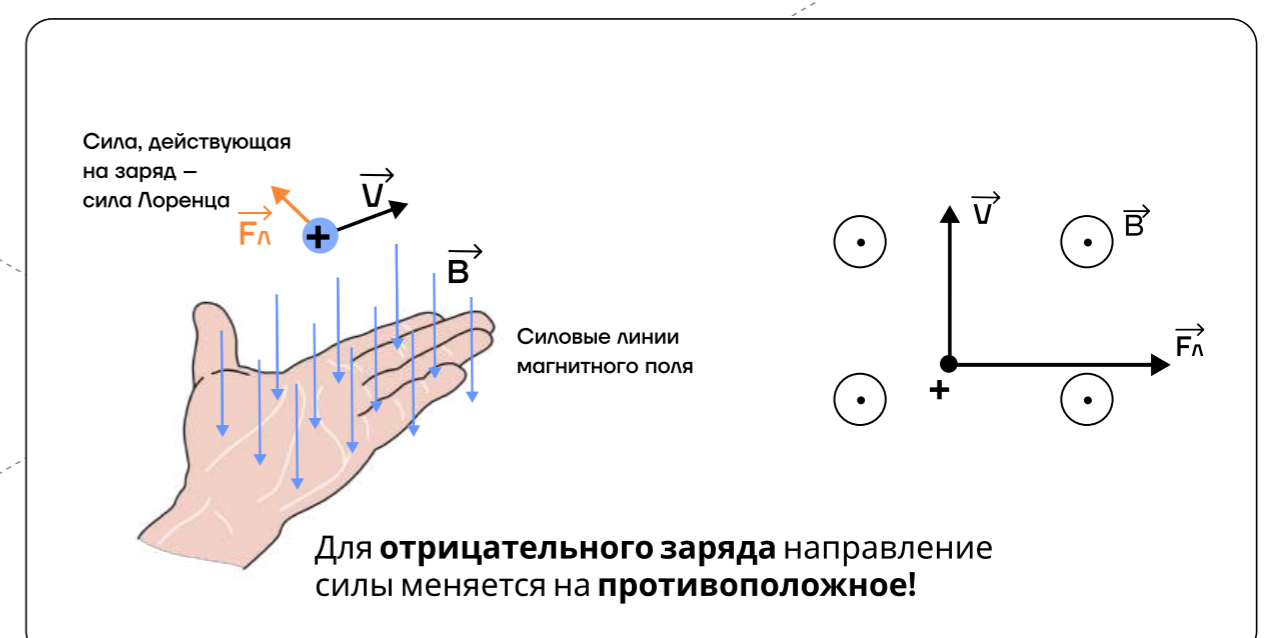
$$F_L = qvB \sin \alpha$$

q - заряд частицы [Кл]

B - вектор магнитной индукции [Тл]

v - скорость частицы [м/с]

$\alpha$  - угол между вектором магнитной индукции





## Электромагнитная индукция

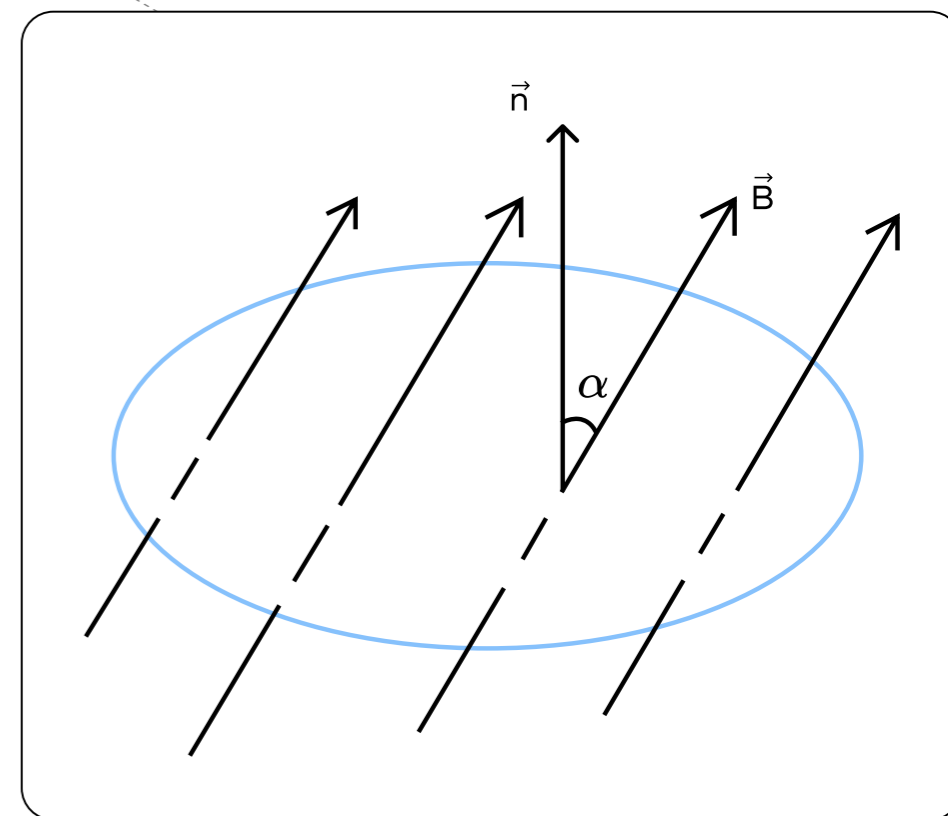
**Магнитный поток** – физическая величина, показывающая, как много линий магнитной индукции пронизывают некоторую поверхность. Обозначается магнитный поток буквой  $\Phi$  и измеряется в веберах.

$$\Phi = BS \cos \alpha$$

$S$  - площадь контура [ $\text{м}^2$ ]

$B$  - вектор магнитной индукции [Тл]

$\alpha$  - угол между вектором магнитной индукции  $\vec{B}$  и нормалью к поверхности контура  $\vec{n}$



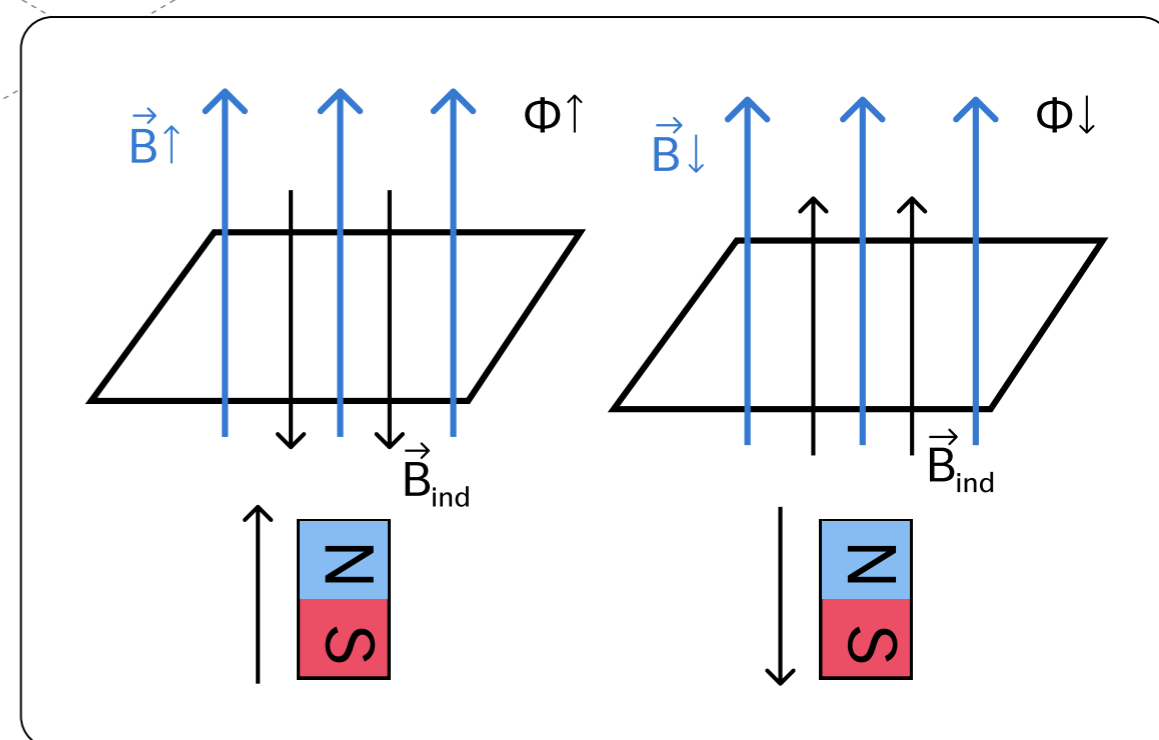
## Закон электромагнитной индукции. Закон Фарадея

При изменении магнитного потока возникает индукционный ток. Такое явление называется электромагнитной индукцией.

$$\varepsilon_i = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

$\varepsilon_i$  - ЭДС индукции, которая возникает в рамке и создает индукционный ток [В]

$\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$  - скорость изменения магнитного потока [Вб/с]

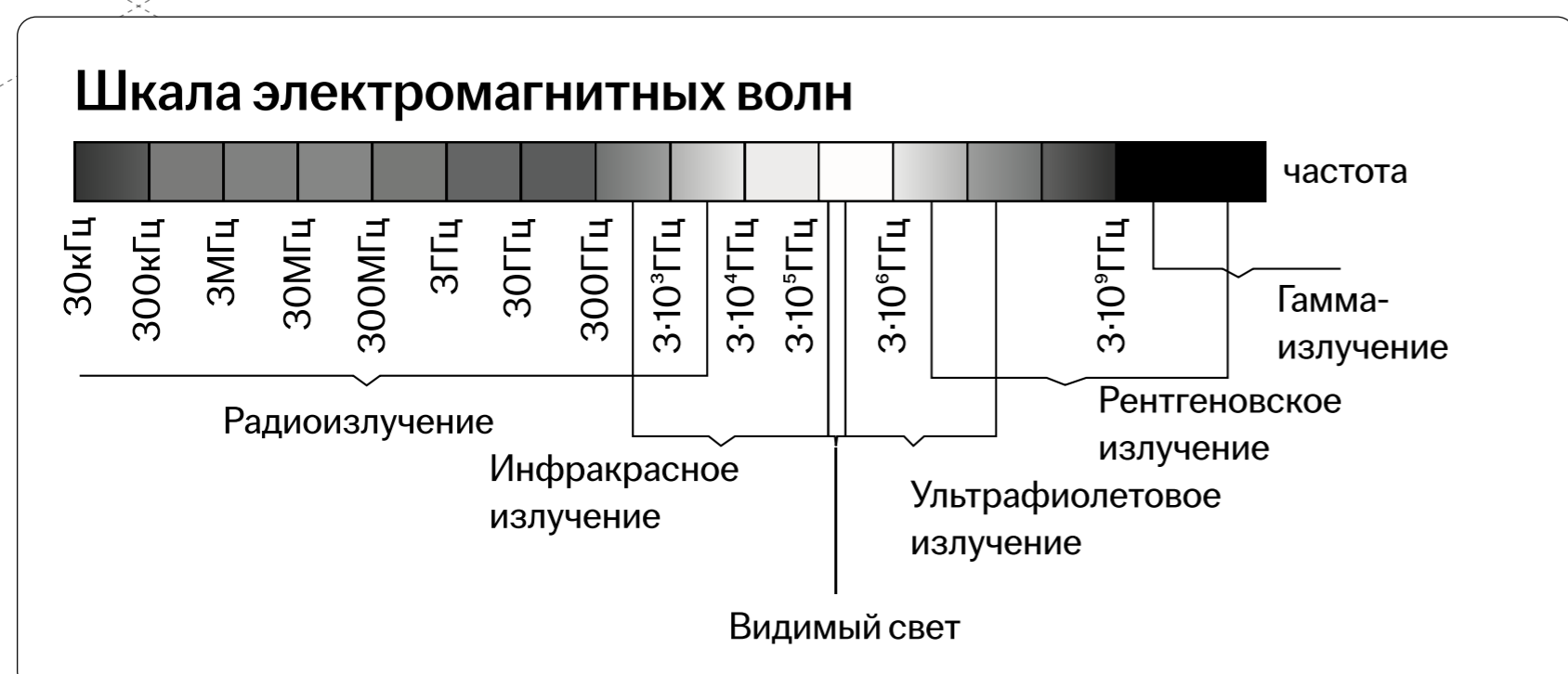


## Правило Ленца

ЭДС индукции и индукционный ток  $I_{\text{ind}}$  всегда возникают таким образом, чтобы противостоять изменению магнитного потока  $\Phi$  в рамке.

## Электромагнитные волны

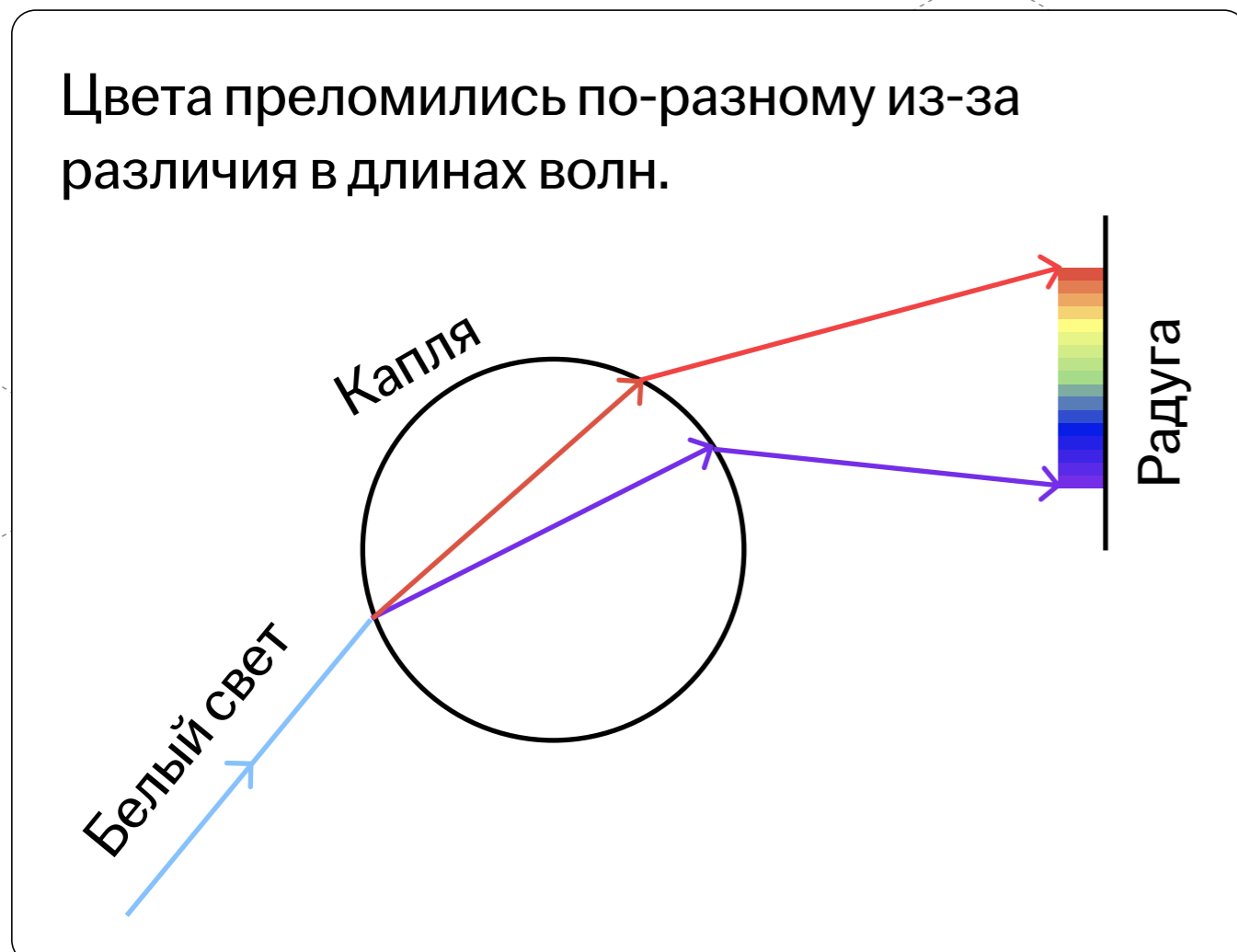
**Электромагнитная волна** – это распространяющееся в пространстве электромагнитное поле. Радиоволны, телевизионные волны, солнечный свет, Wi-Fi, излучение мобильного телефона и многое другое являются примерами электромагнитных волн.



## Дисперсия света

Дисперсия - зависимость показателя преломления от длины волны света.

Образование радуги происходит из-за преломления и отражения луча света каплями жидкости. Проходящий через каплю белый свет разделяет его на составляющие спектра. Именно поэтому человеческий глаз видит разноцветную дугу.

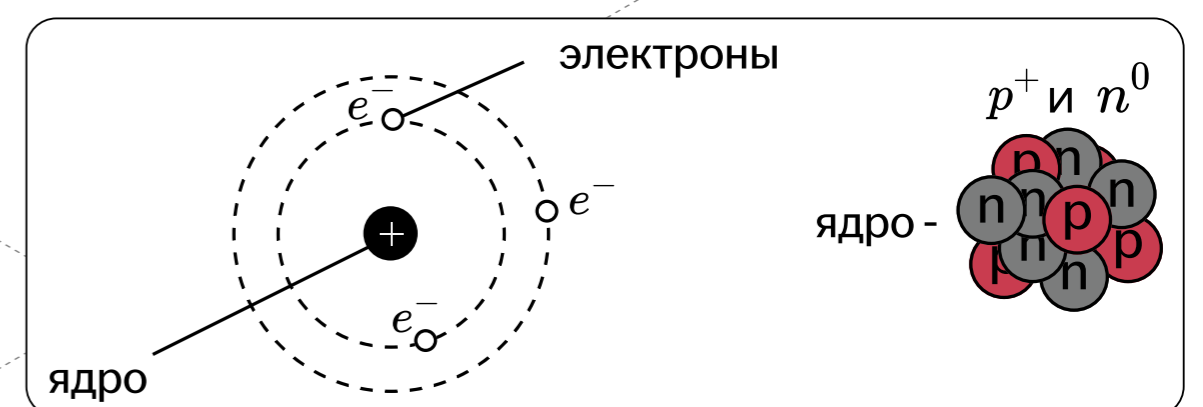


## Строение атома

В центре атома расположено тяжёлое положительно заряженное ядро, вокруг которого движутся лёгкие отрицательно заряженные электроны.

Вся масса атома сосредоточена в ядре.

Ядро атома состоит из положительно заряженных частиц, называемых **протонами**, и нейтральных частиц (не имеют заряда), называемых **нейтронами**.



Ядро химического элемента обозначается в виде:  $\begin{matrix} A \\ Z \\ X \end{matrix}$

- $A$  — массовое число. Количество нуклонов (протонов и нейтронов).

$$A = N_p + N_n$$

- $Z$  — зарядовое число. Количество протонов или электронов.

$$Z = N_p = N_e$$

- $N$  — количество нейтронов.

$$N_n = A - N_p$$

$N_p$  - количество протонов

$N_n$  - количество нейтронов



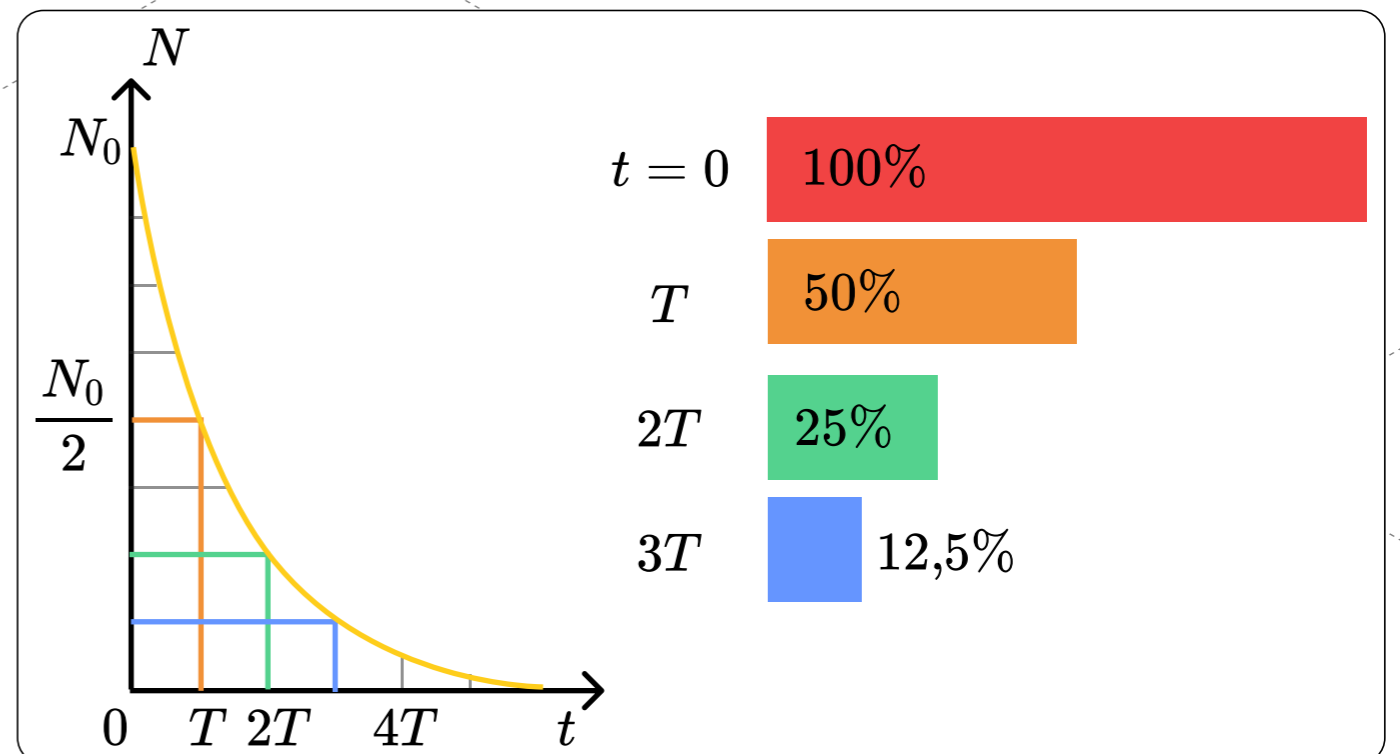
## Радиоактивный распад

**Радиоактивность** — способность атома самопроизвольно распадаться на частицы и атомы поменьше за период полураспада.

**Период полураспада** — это время, за которое распадается ровно половина атомов.

В момент времени, равному периоду полураспада, останется ровно половина атомов.

В момент времени, равному двум периодам полураспада, останется 25% атомов и т.д.



**Закон полураспада:**  $N = N_0 \cdot 2^{-t/T}$

$N$  — количество атомов, которое осталось через время  $t$

$N_0$  — количество атомов в начале

$T$  — период полураспада вещества

## Виды излучения и распадов

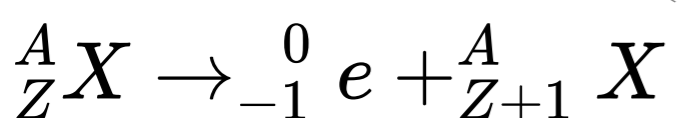
**$\alpha$  – распад**

(испускание гелия He)



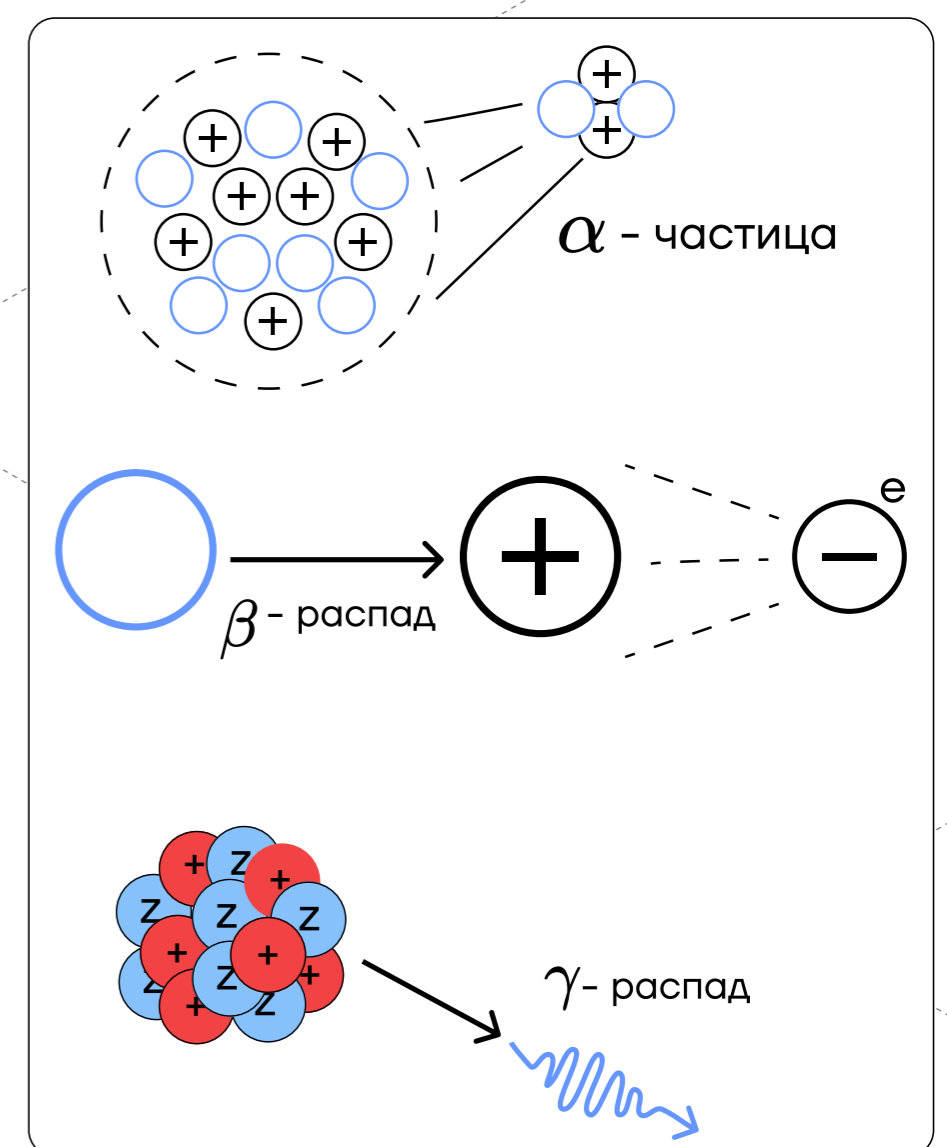
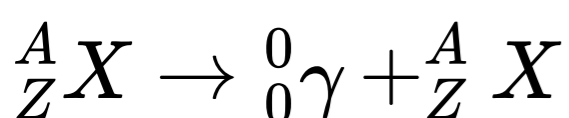
**$\beta$  – распад**

(испускание электрона или позитрона)



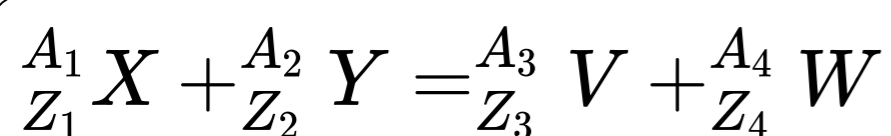
**$\gamma$  – распад**

(испускание гамма-частицы)



## Ядерные реакции

При протекании ядерной реакции сохраняется суммарное массовое число и суммарный заряд.



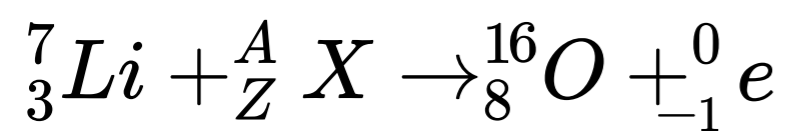
Закон сохранения массового числа:  $A_1 + A_2 = A_3 + A_4$

Закон сохранения зарядового числа:  $Z_1 + Z_2 = Z_3 + Z_4$



Пример:

Используем закон сохранения заряда и закон сохранения массового числа, то есть делим исходное уравнение ядерной реакции на две части (с массами и с зарядами).



Для массового числа:  
 $7 + A = 16 + 0,$

Отсюда имеем:  
 $A = 9, Z = 4.$

Для зарядового числа:  
 $3 + Z = 8 - 1.$

**Ионизирующее излучение** – это вид энергии, высвобождаемой атомами в форме электромагнитных волн (гамма - или рентгеновское излучение) или частиц (нейтроны, бета или альфа).

