

**Цена деления шкалы измерительного прибора.** Для того чтобы определить цену деления прибора для измерения определенной величины, необходимо:

— найти два ближайших штриха шкалы, возле которых написаны значения величины;

— вычесть из большего значения меньшее и полученное число разделить на число промежутков между делениями, находящихся между выбранными штрихами.

**Погрешность измерений** равна половине цены деления шкалы измерительного прибора.

$A = a \pm \Delta a$ , где  $A$  — измеряемая величина,  $a$  — результат измерений,  $\Delta a$  — погрешность измерений.

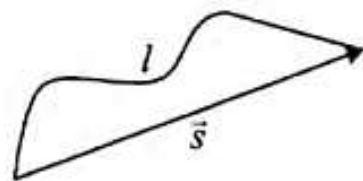
## Механика и динамика

**Механическое движение** — это изменение с течением времени положения тела относительно других тел.

**Траектория** — линия, вдоль которой движется тело.

**Путь  $S$  или  $l$  (м)** — длина траектории.

**Перемещение  $\vec{S}$  (м)** — вектор, соединяющий начальное положение тела с его конечным положением.



**Материальная точка** — это тело, которое рассматривается как точка, имеющая массу, размерами которого в рассматриваемой задаче можно пренебречь или, если тело движется поступательно (без каких-либо вращений и поворотов).

**Векторное сложение:**

$$\vec{c} = \vec{a} + \vec{b}$$

Сложение векторов, направленных вдоль одной прямой	
$\vec{a} \uparrow \vec{b}$  $c = a + b$	$\vec{a} \downarrow \vec{b}$  $c =  a - b $
Сложение векторов, перпендикулярных друг другу $\vec{a} \perp \vec{b}$	
<b>Правило треугольника</b> 	<b>Правило параллелограмма</b> 
По теореме Пифагора $c = \sqrt{a^2 + b^2}$	

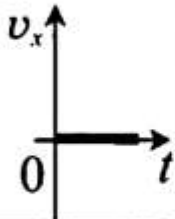
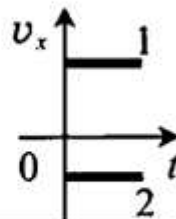
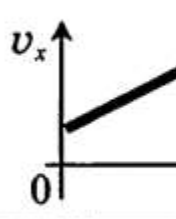
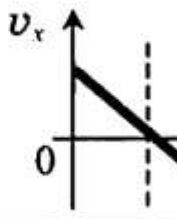
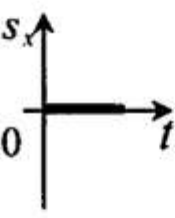
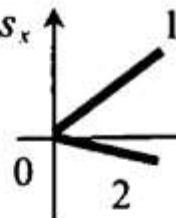
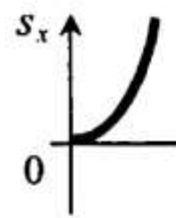
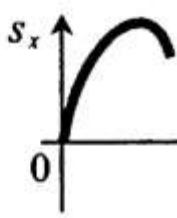
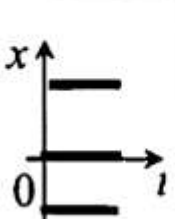
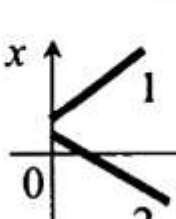
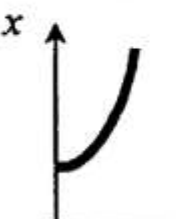
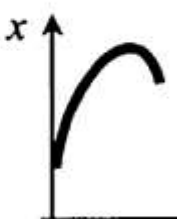
**Равномерное прямолинейное движение** — движение, при котором тело за любые равные промежутки времени, совершает равные перемещения.

**Скорость**  $\vec{v}$  (м/с) — векторная физическая величина, которая показывает, какое перемещение совершает тело за единицу времени.  $\vec{v} = \frac{\vec{s}}{t}$

**Равноускоренное прямолинейное движение** — движение по прямой с постоянным ускорением ( $a = \text{const}$ ).

**Ускорение**  $\vec{a}$  (м/с<sup>2</sup>) — векторная физическая величина, показывающая, на сколько изменяется скорость тела за 1 с.

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t} \quad \vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t \quad \vec{s} = \vec{v}_0t + \frac{\vec{a}t^2}{2}$$

	<b>Покой</b> $a_x = 0$ $v_x = 0$ $s_x = 0$ $x = x_0$	<b>Равномерное движение</b> $a_x = 0$ $v_x = \text{const}$ $s_x = v_x t$ $x = x_0 + v_x t$ $\vec{v}_1 \uparrow \uparrow OX$ $\vec{v}_2 \uparrow \downarrow OX$	<b>Равноускоренное движение</b> $a_x = \text{const},$ $\vec{a} \uparrow \uparrow \vec{v}_0, \vec{v}_0 \uparrow \uparrow OX$ $v_x = v_0 + at$ $s_x = v_0 t + \frac{at^2}{2}$ $x = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}$	<b>Равнозамедленное движение</b> $a_x = \text{const},$ $\vec{a} \uparrow \downarrow \vec{v}_0, \vec{v}_0 \uparrow \uparrow OX$ $v_x = v_0 - at$ $s_x = v_0 t - \frac{at^2}{2}$ $x = x_0 + v_0 t - \frac{at^2}{2}$
$v_x(t)$				
$s_x(t)$				
$x(t)$				

**Вспомните:** проекция векторов скоростей  $\vec{v}$  и/или ускорений  $\vec{a}$  на ось OX положительна при совпадении направлений векторов с осью OX, отрицательна при направлении векторов против направления оси OX.

## Свободное падение:

- Свободное падение происходит под действием только силы тяжести.
- Все тела независимо от массы падают в вакууме с одинаковым ускорением, которое всегда направлено вниз, к центру Земли и равно  $g = 9,8 \text{ м/с}^2 \approx 10 \text{ м/с}^2$ .

Расчет по формулам равноускоренного движения с использованием  $g$  вместо  $a$ .

**Движение по окружности** с постоянной по модулю скоростью — простейший вид криволинейного движения. Это движение с **центростремительным** ускорением.

**Частота**  $\nu$  (Гц) — число полных оборотов ( $N$ ) за 1 с.

**Линейная скорость**  $\vec{v}$  (м/с) показывает, какой путь проходит тело за 1 с.

**Угловая скорость**  $\omega$  (рад/с) показывает, на какой угол поворачивает тело за 1 с.

**Центростремительное ускорение**  $a_{ц.с.}$  (м/с<sup>2</sup>) изменяет направление вектора скорости.

**Период**  $T$  (с) — время одного полного оборота.

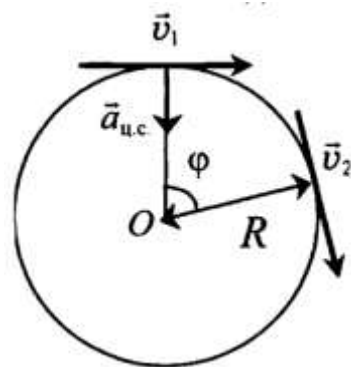
$$\nu = \frac{1}{T} = \frac{N}{t}$$

$$a_{ц.с.} = \frac{v^2}{R}$$

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

$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{t}$$

$$v = \omega R$$



**Центростремительная сила**  $F_{ц.с.}$  (Н) — сила, возникающая при движении тела по окружности и направленная против вектора центростремительного ускорения.

$$F_{ц.с.} = \frac{mv^2}{R}$$

**Сила F (Н)** — количественная характеристика действия одного тела на другое. Сила — векторная величина, которая имеет числовое значение; направление в пространстве; точку приложения. Точкой приложения всех сил в динамике (кроме веса) является центр тяжести тела. Измерительный прибор — динамометр.

**Первый закон Ньютона:** существуют такие системы отсчёта, называемые инерциальными, относительно которых тела движутся равномерно и прямолинейно или находятся в состоянии покоя, если на них не действуют другие тела или их действия скомпенсированы.

**Инертность** — физическое свойство, заключающееся в том, что любое тело пытается сохранить свою скорость (как по модулю, так и по направлению).

**Инерциальные системы отсчёта** — системы отсчёта, относительно которых наблюдается инерция, а также те, которые движутся равномерно и прямолинейно относительно ИСО. (ИСО — системы, ускорение которых равно нулю.)

**Масса m (кг)** — физическая величина, являющаяся мерой инертности тела:

$$m = \rho \cdot V$$

где  $\rho$  (кг/м<sup>3</sup>) — плотность вещества тела,  $V$  (м<sup>3</sup>) — объем тела.

**Второй закон Ньютона:** сила, действующая на тело, равна произведению массы этого тела на ускорение, которое сообщает эта сила.

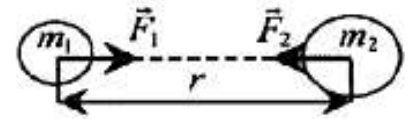
$$\vec{F} = m\vec{a}$$

, где  $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots$  с учетом проекций сил на ось ОХ.

**Третий закон Ньютона:** тела действуют друг на друга с силами, направленными вдоль одной прямой, противоположными по направлению и равными по модулю.

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$$

**Закон всемирного тяготения:** все тела в природе притягиваются друг к другу с силой, прямо пропорциональной произведению масс этих тел и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними:

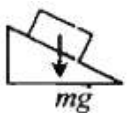


$$F = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$$

$r$  (м) — расстояние между центрами тел,  $G$  — гравитационная постоянная.

Сила всемирного тяготения направлена по линии, соединяющей центры тел.

**Сила тяжести** — сила, с которой планета (Земля) притягивает к себе окружающие тела. Сила тяжести имеет гравитационную природу, направлена вертикально вниз или к центру планеты.



**Сила упругости** — сила, которая возникает при деформациях тел как ответная реакция на внешнее воздействие. Сила упругости имеет электромагнитную природу.

**Деформация** — изменение формы или объёма тела.

Виды деформаций: растяжение; сжатие; изгиб (комбинированный случай одновременного сжатия и растяжения); сдвиг; кручение.

Упругие деформации исчезают после снятия нагрузки. Пластические деформации остаются после снятия нагрузки. Только для упругих деформаций выполняется **закон Гука**.

**Закон Гука:** модуль силы упругости, возникающей при деформации тела, пропорционален его удлинению

$$F_{\text{упр}} = kx$$

где  $x$  (м) — деформация или удлинение,  $x = \Delta l = |l - l_0|$ ,  $l_0$  (м) — начальная длина тела,  $l$  (м) — длина деформированного тела;  $k$  (Н/м) — жёсткость тела.

Сила упругости направлена противоположно перемещению частиц при деформации.

**Сила трения** возникает при движении тел или при попытке сдвинуть их с места. Относится к силам электромагнитной природы. Трение бывает сухое и жидкое. Сухое делится на три вида: трение покоя, трение скольжения и трение качения.

Трение скольжения возникает при скольжении одного тела по поверхности другого. Направление трения скольжения противоположно скорости движения

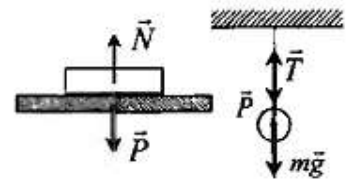
$$F_{тр} = \mu N$$

где  $\mu$  — коэффициент трения,  $N$  (Н) — сила реакции опоры, равная силе нормального давления.

Способы уменьшения трения: выравнивание поверхностей; введение смазки; замена на трение качения. Сила трения скольжения не зависит от площади соприкасающихся тел.

**Вес тела**  $P$  (Н) - сила, с которой тело вследствие притяжения к Земле действует на опору или растягивает подвес, относится к силам электромагнитной природы.

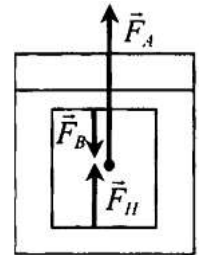
$$P = mg$$



**Архимедова сила** (выталкивающая сила, подъёмная сила) действует на погружённое в жидкость или газ тело. Архимедова сила всегда направлена вертикально вверх.

Архимедова сила равна разности веса тела в воздухе и веса тела в жидкости:  $F_a = P_{возд} - P_{жид}$ .

$$F_a = \rho_{ж} \cdot g \cdot V_m$$



где  $V_m$  — объём погружённой части в жидкость или газ тела,  $\rho_{ж}$  - плотность жидкости.

<i>тело плавает внутри жидкости</i>	$mg = F_a$	или	$\rho_{жид} = \rho_{тела}$
<i>тело всплывает</i>	$mg < F_a$	или	$\rho_{жид} > \rho_{тела}$
<i>тело тонет</i>	$mg > F_a$	или	$\rho_{жид} < \rho_{тела}$

**Воздухоплавание.** Подъёмной силой служит также архимедова сила в газе.

**Импульс тела**  $\vec{p}$  (кг·м/с) — векторная физическая величина, равная произведению массы тела на его скорость.

Направление импульса совпадает с направлением скорости.

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

**Реактивное движение** — это движение, которое происходит за счёт отделения от тела с некоторой скоростью какой-либо его части. Реактивное движение позволяет телу двигаться и тормозить в безвоздушном пространстве.

**Закон сохранения импульса:** полный импульс замкнутой системы сохраняется.

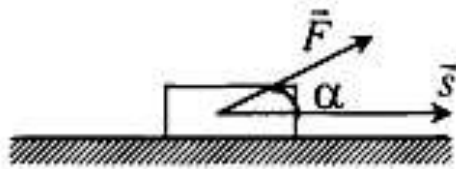
В замкнутой, системе тела, входящие в неё, взаимодействуют только друг с другом, а влиянием внешних сил можно пренебречь.

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

векторная сумма импульсов тел  
до взаимодействия

векторная сумма импульсов тел  
после взаимодействия

## Механическая работа:



$$A = F s \cos \alpha,$$

$F$  (Н) — модуль силы,

$S$  (м) — модуль перемещения,

Единица измерения работы - 1 Дж = 1 Н · м

Условия совершения механической работы:

- На тело действует сила.
- Под действием этой силы тело перемещается.
- угол между  $F$  и  $S$  отличен от  $90^\circ$ .

**Мощность** — физическая величина, показывающая, какую работу совершает тело за единицу времени.

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

Мгновенная мощность:

$$N_{\text{мгн}} = F \cdot v_{\text{мгн}}$$

Если тело может совершить механическую работу, то оно обладает механической энергией  $E$  (Дж):

**Полная механическая энергия:**

$$E = E_k + E_n$$

**Кинетическая энергия** — энергия движущихся тел:

$$E_k = \frac{mv^2}{2}$$

**Потенциальная энергия** — энергия взаимодействующих тел.

*Тело поднято над землёй:*

$$E_n = mgh$$

где  $h$  — высота, определяемая от нулевого уровня (или от нижней точки траектории).

*Упруго деформированное тело:*

$$E_n = \frac{kx^2}{2}$$

где  $x$  (м) — деформация, определяемая от положения недеформированного тела.

**Работа при изменении энергии:**

$$A = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = \Delta E_k$$

$$A = mg(h - h_0) = \Delta E_p$$

$$A = \frac{kx^2}{2} - \frac{kx_0^2}{2} = \Delta E_p$$

**Закон сохранения механической энергии:** полная энергия замкнутой системы сохраняется:

$$E_{n1} + E_{k1} = E_{n2} + E_{k2}$$

**Коэффициент полезного действия:**

$$\eta = \frac{A_{\text{пол}}}{A_{\text{затр}}} \cdot 100\%$$

$$\eta = \frac{Q_H - Q_X}{Q_H} \cdot 100\%$$

$$\eta = \frac{T_H - T_X}{T_H} \cdot 100\%$$

где  $Q_H$  (Дж) — полученное количество теплоты от нагревателя,  $Q_X$  — отданное холодильнику;  $T_H$  (К) — температура нагревателя;  $T_X$  — холодильника.

Зачастую:  $A_{\text{пол}} = \Delta E$ ,  $A_{\text{затр}} = F \cdot S$ ,  $A_{\text{затр}} = Q$  сгоревшего топлива

**Момент силы**  $M$  (Н·м) — физическая величина, модуль которой равен произведению модуля силы на плечо силы.  $M = F \cdot l$

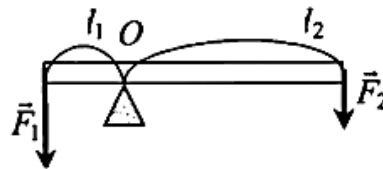
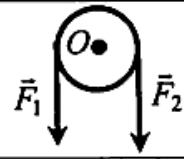
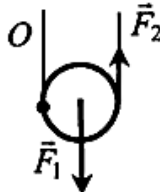
**Плечо силы**  $l$  (м) — кратчайшее расстояние между осью вращения и линией действия силы.

**Правило моментов:** тело, имеющее неподвижную ось вращения, находится в равновесии, если алгебраическая сумма моментов всех приложенных к телу сил относительно этой оси равна нулю.

**Условие равновесия тел:** сумма моментов всех приложенных к телу сил  $= 0$ .

$$M_1 + M_2 + \dots = 0.$$

при этом момент, заставляющий тело вращаться вдоль направления часовой стрелки считается *положительным*, против вращения — *отрицательным*.

<b>1. Рычаг</b> Даёт выигрыш в силе $\frac{F_1}{F_2} = \frac{l_2}{l_1}$	
<b>2. Неподвижный блок</b> изменяет направление силы $d_1 = d_2; F_1 = F_2$	
<b>3. Подвижный блок</b> даёт выигрыш в силе в 2 раза $d_1 = R; d_2 = 2R$	

«Золотое правило механики»: При использовании простых механизмов мы выигрываем в силе, но проигрываем в расстоянии, поэтому выигрыша в работе простые механизмы не дают.

**Давление твёрдого тела**  $P$  (Па):  $P = \frac{F}{S}$   $1 \text{ Па} = 1 \text{ Н/м}^2$ .

где  $F$  - перпендикулярная составляющая силы, действующей на поверхность;  
 $S$  - площадь поверхности.

Способы увеличения давления: увеличить силу; уменьшить площадь. Давление в твёрдых телах передаётся в том же направлении, в котором действует сила.

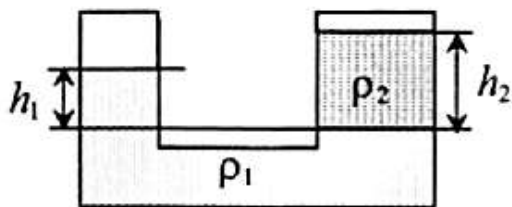
**Давление в жидкости:**  $P = \rho_{\text{ж}} \cdot g \cdot h$

где  $\rho_{\text{ж}}$  (кг/м<sup>3</sup>) - плотность жидкости;  $g$  (м/с<sup>2</sup>) - ускорение свободного падения;  
 $h$  (м) - высота столба жидкости (глубина).

**Закон Паскаля:** давление, производимое на жидкость или газ, передаётся жидкостью или газом во все стороны одинаково.

Это связано с подвижностью молекул в жидком и газообразном состояниях.

По закону Паскаля на любом горизонтальном уровне



$$p_1 = p_2,$$

$$\rho_1 g h_1 = \rho_2 g h_2$$

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1}$$

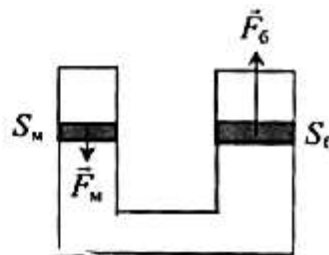
Если в сообщающиеся сосуды налиты разные по плотности жидкости, то **выше** будет располагаться уровень жидкости с **меньшей** плотностью.

Гидравлический пресс — простой механизм, дающий выигрыш в силе. Он представляет собой сообщающиеся сосуды разного сечения:

$$p_m = p_6$$

$$\frac{F_m}{S_m} = \frac{F_6}{S_6}$$

$S_m$  — площадь малого поршня;  
 $S_6$  — площадь большого поршня.



**Запомните:** при увеличении скорости потока жидкости или газа в трубе (или других условиях) давление внутри этой жидкости или газа уменьшается (по закону Бернулли).

**Атмосферное давление** — давление «воздушного океана» Земли, которое также уменьшается с высотой.

1 мм рт. ст. = 133 Па

Нормальное атмосферное давление  $p = 10^5$  Па .

## Механические колебания и волны

**Механические колебания** - это процессы в механических системах, в которых периодически изменяются координата, скорость, ускорение и сила.

Маятником называют тело, которое может совершать колебания под действием силы тяжести или силы упругости.

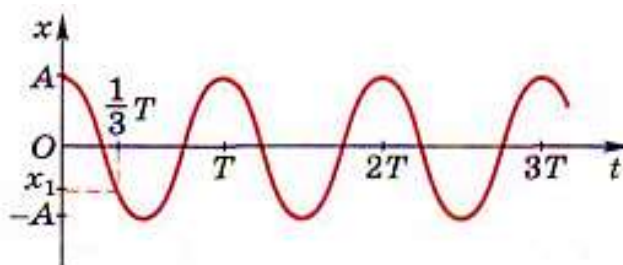
Свободные механические колебания из-за трения являются затухающими.

**Гармонические колебания** - периодические изменения во времени физической величины, происходящие по закону синуса или косинуса (незатухающие).

**Уравнение колебаний:**

$$x = A \cdot \sin \cdot \omega \cdot t \quad \text{или} \quad x = A \cdot \cos \cdot \omega \cdot t$$

$\omega = 2\pi\nu$  - циклическая частота (рад/с).





## Характеристики колебаний:

**Амплитуда колебаний**  $A$  (м) - Наибольшее (по модулю) отклонение колеблющегося тела от положения равновесия.

**Период колебаний**  $T$  (с) - время, в течение которого тело совершает одно полное колебание (с возвращением в исходную точку и условия).

**Частота колебаний**  $\nu$  (Гц) - число колебаний в единицу времени  $t$  (1 с).

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

Связь частоты с периодом колебаний:  $T = \frac{1}{\nu}$

$N$  – число колебаний за время  $t$ .

Физическая величина, называемая фазой колебаний, характеризует смещение по времени состояния колебаний в определенный момент времени одного тела относительно состояния колебаний другого тела.

Период колебаний	
Математический маятник	Пружинный маятник
$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad g = 9,81 \text{ м/с}^2$	$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$
$l$ – длина маятника (м)	$m$ – масса груза, $k$ – жесткость пружины (Н/м)

**Вынужденные колебания** – колебания, происходящие под действием внешней периодически изменяющейся силы.

**Резонанс** - явление резкого возрастания амплитуды колебаний, которое происходит при совпадении частоты вынуждающей силы и собственной частоты колебательной системы ( $\nu_0 = \nu$ ).

Резонанс в механических системах может привести к их разрушению.

**Волны** (упругие) - колебания, распространяющиеся в упругой среде (веществе), удаляясь от места их возникновения.

Виды волн:

- продольные волны - волны, в которых колебания происходят вдоль направления их распространения (распространяющиеся сгущения и разрежения).
- поперечные волны - волны, в которых колебания происходят перпендикулярно направлению их распространения.

**Длина волны**  $\lambda$  (м) - расстояние между ближайшими друг к другу точками в волне, колеблющимися в одинаковых фазах.



**Скорость распространения волны:**

$$v = \lambda \cdot \nu$$

Считается, что волны распространяются в однородной среде с постоянной скоростью.

**Дифракция** - огибание волной препятствий, сравнимых с длиной волны или менее ее.

**Запомните:** волны в веществе само вещество не переносят, через вещество посредством волны передается энергия механических колебаний.

**Звук** – продольная волна, распространяющаяся в воздухе со скоростью 330-340 м/с (пропорционально температуре воздуха).

В среднем, чем плотнее вещество, тем больше скорость звука в нем (сравниваются газообразное, жидкое и твердое агрегатные состояния веществ).

Источники звука для человеческого уха – тела, совершающие колебания в диапазоне **20 – 20000 Гц**. Механические колебания, частота которых превышает 20 000 Гц, называются *ультразвуковыми*, а колебания с частотами менее 16 Гц — *инфразвуковыми*.

**Громкость звука** зависит от амплитуды колебаний: чем больше амплитуда колебаний, тем громче звук.

**Высота** звука определяется частотой его основного тона: чем больше частота основного тона, тем выше звук.

**Тембр** звука (окраска звука) определяется совокупностью его обертонов (устойчивым сочетанием определенных звуков разных частот).

**Эхо** – явление отражения звуковых волн от препятствий.

## Молекулярная физика

**Молекула вещества** - это мельчайшая частица данного вещества, сохраняющая его свойства. Размер молекулы  $\sim 10^{-10}$  м.

Между молекулами на расстояниях, сравнимых с размерами самих молекул (атомов), заметнее проявляется притяжение, а при дальнейшем сближении — отталкивание.

При нагревании **объём** тела увеличивается, а при охлаждении уменьшается вследствие изменения промежутков между частицами вещества, из которого состоит тело.

$$1 \text{ литр} = 10^{-3} \text{ м}^3$$

**Идеальный газ** — газ, удовлетворяющий трём условиям: 1) молекулы — материальные точки; 2) потенциальной энергией взаимодействия можно пренебречь; 3) столкновения между молекулами являются абсолютно упругими. Реальный газ с малой плотностью можно считать идеальным.

**Газы.** Молекулы газа, двигаясь во всех направлениях, почти не притягиваются друг к другу и заполняют весь сосуд. Газы не имеют собственной формы и постоянного объёма и полностью заполняют предоставленный им объём.

Для неизменной массы газа выполняется зависимость:

$$P \cdot V \sim T \quad \text{или} \quad P \sim \frac{T}{V} \quad \text{или} \quad V \sim \frac{T}{P}$$

т.е. при увеличении температуры газа  $T$  увеличивается его объем  $V$  при неизменном давлении  $P$  или увеличивается давление при неизменном объеме;

иначе, при неизменной температуре газа если увеличивается давление газа, то объем его уменьшается.

**Жидкости.** Молекулы жидкости не расходятся на большие расстояния, и жидкость в обычных условиях сохраняет свой объём, но не сохраняет форму.

Поэтому жидкости текучи и несжимаемы, а сила трения в них отсутствуют (жидкие смазки).

**Твердые тела.** В твёрдых телах притяжение между молекулами (атомами) ещё больше, чем у жидкостей. Поэтому в обычных условиях твёрдые тела сохраняют свою форму и объём.

**Броуновское движение** частиц — это непрекращающееся беспорядочное движение мелких, взвешенных в жидкости частиц, происходящее из-за постоянных ударов со стороны молекул жидкости.

**Диффузия** - явление, при котором происходит взаимное проникновение молекул одного вещества между молекулами другого.

Скорость диффузии:

- убывает от газов к жидкостям, а далее — твердым телам;
- уменьшается при уменьшении температуры, т.к. уменьшается скорость теплового движения молекул.

**Испарение** — переход молекул вещества из жидкого состояния в газообразное, причём процесс парообразования происходит только со свободной поверхности жидкости. Испарение бывает *при любой температуре*, так как всегда найдутся достаточно «быстрые» молекулы, поэтому, в свою очередь, *испаряющаяся жидкость охлаждается*.

**Скорость испарения** зависит от:

- 1) температуры жидкости (больше или меньше «быстрых» молекул);
- 2) рода жидкости (сильнее или слабее взаимодействие между молекулами);
- 3) наличия воздушных потоков (ветра);
- 4) влажности воздуха (обратно пропорционально);
- 5) площади открытой поверхности.

**Конденсация** — процесс обратный испарению, т.е. молекулы из газообразного состояния переходят в жидкое. В открытом сосуде всегда преобладает испарение, а в герметично закрытом сосуде устанавливается равновесие между этими процессами. Конденсация происходит с выделением молекулами тепловой (внутренней) энергии.

**Динамическое равновесие** — это состояние, при котором число испарившихся за единицу времени молекул равно числу сконденсированных.

**Насыщенный пар** - пар, находящийся в состоянии динамического равновесия со своей жидкостью.

**Давление насыщенного пара** в изотермическом процессе не зависит от объёма. При уменьшении объёма пара «лишние» молекулы воды конденсируются, а при увеличении объёма недостаток молекул восполняется за счёт испарения. В итоге через некоторое время снова наступает динамическое равновесие.

**Относительная влажность воздуха  $\varphi$  (%)**:

$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_{\text{нас}}} \cdot 100\% = \frac{p}{p_{\text{нас}}} \cdot 100\%$$

где  $\rho$  (кг/м<sup>3</sup>) - плотность водяного пара,  $\rho_{\text{нас}}$  - плотность насыщенного водяного пара при той же температуре (табл. величина);  $p$  (Па) — парциальное давление водяного пара;  $p_{\text{нас}}$  - давление насыщенного пара при той же температуре (табл. вел.-на). *Измерительный прибор*: психрометр.

*Помните*: влажность воздуха не бывает больше 100 %.

**Точка Росы** – температура, при достижении которой (при охлаждении) пар становится насыщенным.

**Способы изменения внутренней энергии вещества (тел):**

- 1) совершение работы (за счёт трения или ударов);
- 2) испарение (в процессе испарения внутренняя энергия жидкости понижается);
- 3) теплопередача (приведение в соприкосновение с более холодным или более нагретым телом).

**Количество теплоты  $Q$  (Дж)** — физическая величина, которая показывает, на сколько изменяется внутренняя энергия вещества в процессе теплопередачи.

**Виды теплопередачи**: теплопроводность, конвекция, излучение.

**Теплопроводность**. При теплопроводности происходит постепенное увеличение скорости движения молекул. Это возможно только благодаря межмолекулярному взаимодействию, поэтому теплопроводность в твёрдых телах происходит быстрее, чем в жидкостях. В газах она осуществляется ещё медленнее. Для сохранения тепла используют пористые материалы, в которых много воздуха. Воздух — это смесь газов, поэтому он плохо проводит тепло.

*Помните*: в вакууме теплопроводность невозможна.

**Конвекция**. При конвекции тёплые слои жидкости или газа поднимаются, а холодные опускаются. Конвекция осуществляется в жидкостях и газах.

*Помните*: в твёрдых телах и в вакууме конвекция невозможна.

Нагреватели следует располагать внизу, а охлаждающие тела вверху.

**Излучение.** Все нагретые тела излучают энергию. Чем больше нагрето тело, тем сильнее излучение. Теплопередача за счёт излучения возможна в любой среде, в том числе и в вакууме.

**Свойства излучения.** Тёмные поверхности хорошо поглощают излучение, но быстро отдают энергию при охлаждении. Зеркальные и светлые поверхности отражают излучение и медленно остывают.

**Нагревание и охлаждение вещества:**  $Q = m \cdot C \cdot \Delta t$  ,  $\Delta t = t_2 - t_1$  ,

где  $\Delta t$  (°C, K) - изменение температуры вещества;  $t_1$  (°C, K) - начальная температура вещества;  $t_2$  (°C, K) — конечная температура вещества;  $m$  (кг) — масса вещества;  $C$  (Дж/(кг°C)) — удельная теплоёмкость вещества.

**Сгорание вещества:**  $Q = q \cdot m$  ,

где  $q$  (Дж/кг) — удельная теплота сгорания вещества, показывающая, какое количество теплоты выделяется при полном сгорании 1 кг данного вещества.

**Плавление** — переход вещества из твёрдого состояния в жидкое.

Плавление каждого вещества происходит при определённой температуре, которую называют температурой плавления. Всё подводимое тепло идёт на разрушение кристаллической решётки, при этом увеличивается потенциальная энергия молекул. Кинетическая энергия остаётся без изменения и температура в процессе плавления не изменяется.

$$Q = \lambda \cdot m$$

где  $\lambda$  (Дж/кг) — удельная теплота плавления и кристаллизации.

**Кристаллизация** – процесс обратный плавлению.

**Кипение** (парообразование) — переход вещества из жидкого состояния в газообразное по всему объёму жидкости.

Происходит при определённой температуре, которую называют температурой кипения. В отличие от испарения, при кипении процесс парообразования идёт со всего объёма жидкости. Несмотря на то, что к кипящему веществу подводят тепло, температура не изменяется. Все затраты энергии идут на увеличение промежутков между молекулами.

Температура кипения зависит от рода вещества и внешнего атмосферного давления.

**Количество теплоты**, необходимое для процесса **кипения**, вычисляют по формуле:

$$Q = L \cdot m \quad \text{или} \quad Q = r \cdot m$$

где  $L$  (Дж/кг) или  $r$  (Дж/кг) - удельная теплота парообразования(конденсации).

**Конденсация** — процесс, обратный кипению. Происходит при температуре кипения, которая также не изменяется во время всего процесса.

**Теплообмен.** Уравнение теплового баланса с учётом знаков количества теплоты:

$$Q_{\text{отд}} + Q_{\text{получ}} = 0$$

## Электрические явления

**Электрический заряд**  $q$  (Кл) определяет способность тел участвовать в электромагнитных взаимодействиях.

В природе существуют два вида зарядов, которые условно назвали *положительными* и *отрицательными*.

Одноимённые заряды отталкиваются, а разноимённые притягиваются.

**Закон сохранения заряда:** алгебраическая сумма зарядов в замкнутой системе сохраняется

$$q_1 + q_2 + \dots = \text{const}$$

Систему называют замкнутой, если она не обменивается зарядами с окружающей средой.

Экспериментально доказано, что заряды можно делить, но до определённого предела.

Носитель наименьшего электрического заряда — отрицательно заряженный электрон:

$$q_e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}; \quad m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}.$$

Модуль любого заряда кратен заряду электрона:

$$q = N \cdot q_e ,$$

где  $N = q/q_e$  - избыток электронов.

*Учтите:* в процессе электризации от одного тела к другому переходят только электроны. Если у тела избыток электронов, то оно заряжено отрицательно, а если недостаток, то — положительно.

*Внимание:* заряженные тела притягивают к себе нейтральные тела и тела с противоположным зарядом. Отталкивание наблюдается только между одноимённо заряженными телами.

**Электрическое поле** – форма материи, существующая вокруг электрических зарядов и заряженных тел. Именно это поле является посредником в передаче электрического взаимодействия.

*Свойства электрического поля:*

- материально, т.е. существует независимо от нашего сознания;
- возникает вокруг зарядов и обнаруживается по действию на пробный заряд;
- непрерывно распределено в пространстве;
- ослабевает по мере удаления от заряда;
- скорость распространения электрического поля в вакууме равна скорости света  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ .

**Конденсатор** – устройство для накопления определенного электрического заряда.

Емкость конденсатора:

$$C = \frac{q}{U} \quad C \sim \frac{S}{d}$$

где  $U$  (В) – электрическое напряжение между обкладками конденсатора,  $S$  (м<sup>2</sup>) - площадь каждой обкладки,  $d$  (м) – расстояние между обкладками.

**Энергия электрического поля конденсатора  $W_{\text{э}}$  (Дж):** 
$$W_{\text{э}} = \frac{q^2}{2C} = \frac{CU^2}{2}$$

**Электрический ток** — направленное движение заряженных частиц под действием внешнего электрического поля.

Условия существования электрического тока:

- 1) наличие заряженных частиц;
- 2) электрическое поле (создаётся источниками тока).

Носители электрического тока в различных средах:

- в металлах — свободные электроны;
- в электролитах — положительные и отрицательные ионы (положительные ионы движутся к катоду (-), а отрицательные — к аноду (+));
- в газах — ионы и электроны;
- в полупроводниках — электроны и дырки (отсутствие электронов);
- в вакууме — электроны.

По проводам перемещаются отрицательные электроны, т.е. ток идёт от «-» к «+» источника. Направление движения электронов называют действительным. Но исторически в науке принято условное направление тока: **от «+» источника к «-»**

<b>Источник тока</b> 	<b>Лампа</b> 	<b>Ключ</b> 
<b>Соединительный провод</b> 	<b>Пересечение соединительных проводов</b> 	<b>Резистор</b> 
<b>Амперметр</b> 	<b>Вольтметр</b> 	<b>Конденсатор</b> 

**Сила тока  $I$  (А)** показывает, какой заряд  $q$  проходит через поперечное сечение проводника за 1 с ( $t$  – время):

$$I = \frac{q}{t}$$

**Напряжение  $U$  (В)** характеризует работу электрического поля (А (Дж)) по перемещению положительного заряда (вдоль проводника):

$$U = \frac{A}{q}$$

**Сопротивление  $R$  (Ом)** металлов характеризует тормозящее действие положительных ионов кристаллической решётки на движение свободных электронов:

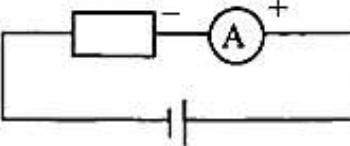
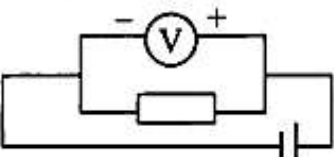
$$R = \frac{\rho l}{S}$$

где  $\rho$  (Ом·мм<sup>2</sup>/м) - удельное сопротивление проводника, изготовленного из определенного материала;  $l$  (м) - длина проводника;  $S$  (м<sup>2</sup>) — площадь сечения.

**Закон Ома для участка цепи:** сила тока в участке цепи прямо пропорциональна напряжению на концах этого участка и обратно пропорциональна его сопротивлению.

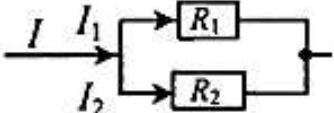
$$I = \frac{U}{R}$$

**Амперметр и вольтметр:**

	<i>Амперметр</i> измеряет силу тока, включается в цепь последовательно, соблюдая полярность	<i>Вольтметр</i> измеряет напряжение, включается в цепь параллельно, соблюдая полярность
Схема включения		

Объём проводника цилиндрической формы	$V = Sl$
Масса проводника цилиндрической формы	$m = \rho V = \rho Sl$

**Последовательное и параллельное соединения потребителей тока:**

Соединения проводников	Последовательное соединение	Параллельное соединение
Схема		
Полная сила тока	$I = I_1 = I_2$	$I = I_1 + I_2$
Полное напряжение	$U = U_1 + U_2$	$U = U_1 = U_2$
Полное сопротивление	$R = R_1 + R_2$	$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$

**Работа и энергия электрического тока:**

$$A = I \cdot U \cdot t$$

**Мощность Р (Вт) - работа, производимая за 1 с:**

$$P = \frac{A}{t} = I \cdot U$$

**Закон Джоуля-Ленца (тепловыделение в проводнике):**

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t$$



# Магнитные явления

**Магнитное поле** – форма материи, порождаемая электрическим током (упорядоченным движением заряженных частиц: электронов, ионов...) и обнаруживаемая по силовому воздействию на электрический ток.

Существует два магнитных полюса – северный N и южный S.

При **взаимодействии** магнитных полей одноименные полюсы отталкиваются (N от N, S от S), разноименные – притягиваются (N к S).

**Магнитные линии** – воображаемые линии, вдоль которых выстраиваются магнитные стрелки (например, у компаса).

У однородного магнитного поля магнитные линии параллельны друг другу и находятся на равных расстояниях друг от друга.

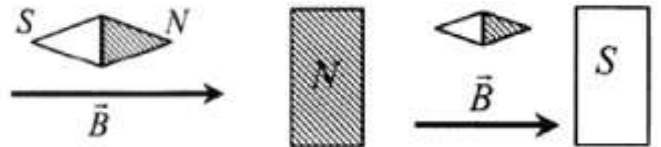
**Вектор магнитной индукции**  $B$  (Тл) — силовая характеристика магнитного поля - физическая величина, равная отношению максимальной силы, действующей со стороны магнитного поля на отрезок проводника с током  $F$ , к произведению силы тока  $I$  и длины проводника  $l$ :

1) направление вектора магнитной индукции  $B$  совпадает

$$B = \frac{F}{I \cdot l}$$

с направлением на север магнитной стрелки;

2) вектор магнитной индукции  $B$  (как и магнитные линии) выходит из северного полюса постоянного магнита.

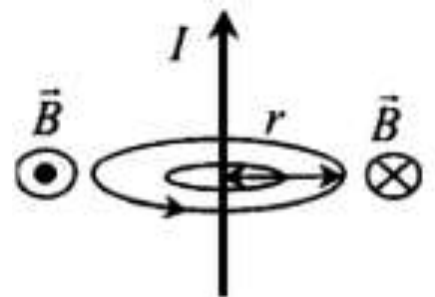


3) индукции магнитного поля тем больше, чем больше сила порождающего его тока, чем больше витков провода с током, который в них течет в одинаковом направлении, при наличии железного сердечника у катушки с током.

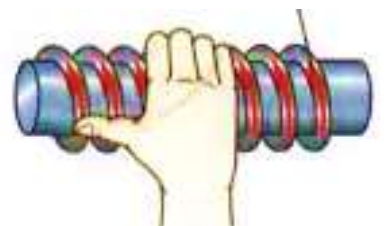
**Линии магнитной индукции** — линии, касательные к которым в любой точке пространства совпадают с направлением вектора магнитной индукции. Чем гуще линии магнитной индукции, тем сильнее поле.

Направление вектора магнитной индукции определяется **правилом правой руки (буравчика)**:

- при направлении большого пальца правой руки вдоль тока в прямом проводнике согнутые четыре пальца укажут направление магнитных линий вокруг проводника с током;



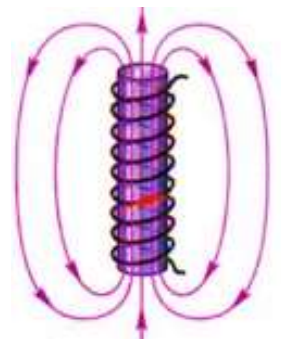
- при направлении четырех согнутых пальцев вдоль тока в витках катушки отогнутый большой палец укажет направление магнитных линий внутри катушки.



На нас $\perp$ плоскости чертежа	От нас $\perp$ плоскости чертежа

## Магнитное поле электромагнита (соленоида):

Линии магнитной индукции являются замкнутыми, причём внутри соленоида они располагаются параллельно друг другу. Поле внутри соленоида однородно ( $N = l / d$  - число витков,  $l$  - длина соленоида,  $d$  - диаметр проволоки).



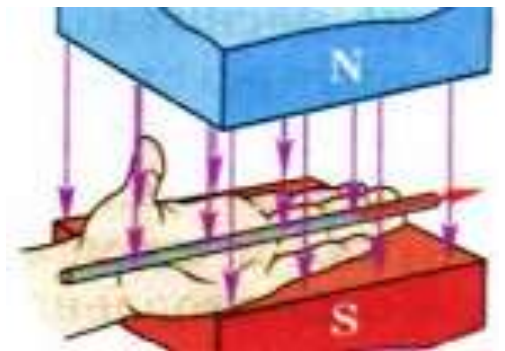
**Сила Ампера**  $F$  (Н) - сила, которая действует на проводник длиной  $l$  с током  $I$  в магнитном поле  $B$  (Тл):  $F_A = B \cdot I \cdot l$

Сила Ампера не действует на проводник, если он располагается параллельно силовым линиям магнитного поля.

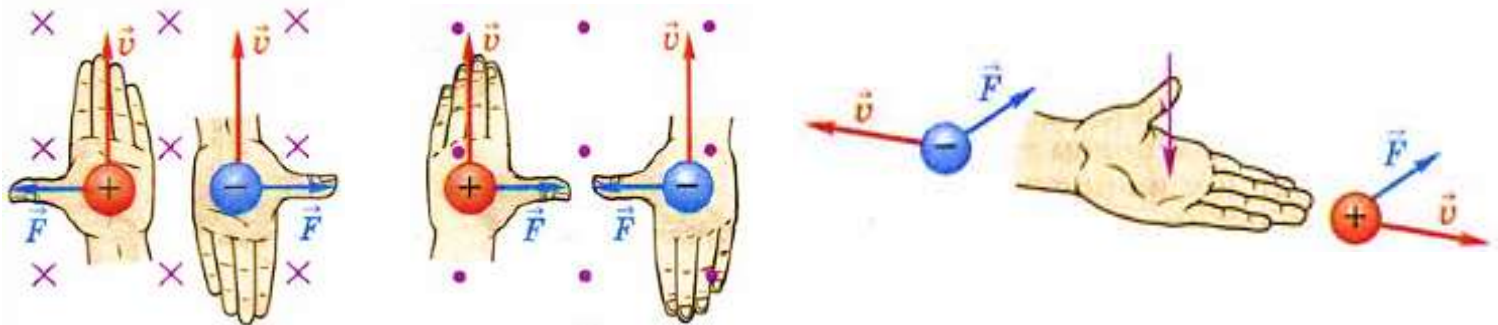
**Сила Лоренца**  $F$  (Н) - сила, которая действует на электрический заряд  $q$ , пролетающий со скоростью  $v$  в магнитном поле  $B$  (Тл).  $F_L = qvB$

**Правило левой руки** для нахождения сил Ампера (действующей на проводник с током в магнитном поле) и Лоренца (действующей на электрический заряд, пролетающий в магнитном поле):

- при направлении левой раскрытой ладони так, чтобы магнитные линии входили в ладонь, четыре пальца были направлены вдоль тока в проводнике, отогнутый большой палец укажет направление силы;



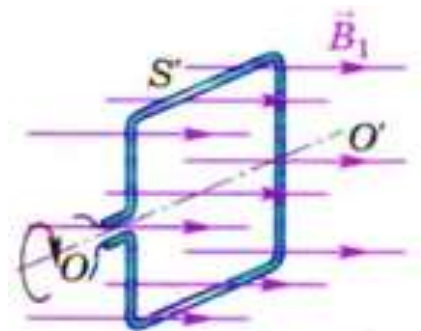
- при направлении левой раскрытой ладони так, чтобы магнитные линии входили в ладонь, четыре пальца были направлены вдоль скорости положительного заряда (против скорости отрицательного), отогнутый большой палец укажет направление силы;



**Магнитный поток:**  $\Phi = B \cdot S \Rightarrow \Delta\Phi = \Delta B \cdot S$  или  $\Delta\Phi = B \cdot \Delta S$

где  $\Phi$  (Вб) — магнитный поток,  $B$  (Тл) — модуль вектора магнитной индукции,  $S$  ( $m^2$ ) — площадь, ограниченная контуром (витком проводника).

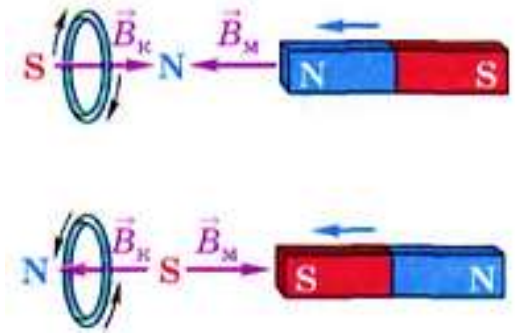
Магнитный поток, пронизывающий площадь контура, меняется при изменении модуля вектора магнитной индукции  $B$ , площади контура  $S$  и при вращении контура (при изменении его ориентации к линиям индукции магнитного поля).



**Явление электромагнитной индукции:** при всяком изменении магнитного потока, пронизывающего площадь, ограниченную замкнутым проводником, в этом проводнике возникает электрический ток, направление которого определяется по правилу Ленца.

**Правило Ленца:** в замкнутом проводящем контуре возникает индукционный ток такого направления, что созданное им магнитное поле препятствует изменению того магнитного потока, в результате которого этот ток возник.

Таким образом, индукционное магнитное поле препятствует изменению внешнего магнитного поля.



**Явление самоиндукции** заключается в возникновении индукционного тока в катушке при изменении силы тока в ней. При этом возникающий индукционный ток называется током самоиндукции.

**Энергия магнитного поля** соленоида (катушки): 
$$W_{\text{маг}} = \frac{L \cdot I^2}{2}$$

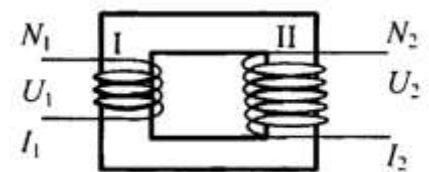
где  $L$  (Гн) - индуктивность проводника (зависит от формы катушки, количества витков проводника в ней и от наличия железного сердечника)

**Электромагнитные колебания** - процессы в электрических цепях, в которых периодически изменяются заряд, сила тока, напряжение. Свободные электромагнитные колебания затухают из-за сопротивления.

**Переменный электрический ток** - пример вынужденных электромагнитных колебаний. Если мощность переменного тока равна мощности постоянного тока, то говорят о действующем значении переменного тока.

**Трансформатор** — устройство, преобразующее силу переменного тока и его напряжение ( $N$ - количество витков в катушке).

1. Первичная катушка I подключается в сеть.
2. Ко вторичной катушке II подключают нагрузку.
3. Стальной сердечник изготовлен из наборных пластин.



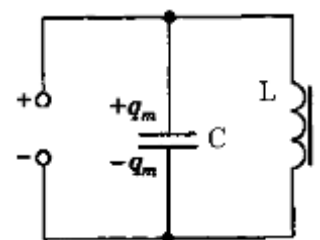
$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2} \approx \frac{I_2}{I_1}$$

**Колебательный контур** - колебательная система, в которой могут существовать свободные электро-магнитные колебания.

Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью  $C$  (Ф) и проволоочной катушки индуктивностью  $L$  (Гн).

Период колебаний  $T$  (с) электрического заряда в колебательном контуре:

$$T = 2\pi\sqrt{LC}$$



# Законы геометрической оптики

**Луч света** — линия, вдоль которой распространяется световая энергия.

**Закон прямолинейного распространения света** выполняется в однородной прозрачной среде: свет в однородной прозрачной среде распространяется прямолинейно. Закон прямолинейного распространения света объясняет образование **тени** и **полутени**, солнечное и лунное затмения.

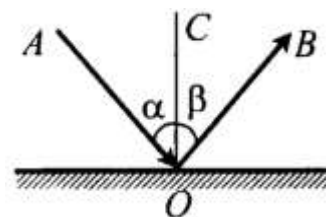
**Полутень** — область пространства, в которую попадает свет от части *неточечного* источника света.

**Точечный источник света** - источник света, размеры которого намного меньше расстояний распространения света.

**Законы отражения** выполняются, если на пути светового луча встретится плоское зеркало:

- падающий луч АО, отражённый луч ОВ и перпендикуляр ОС, восстановленный в точке падения, лежат в одной плоскости.

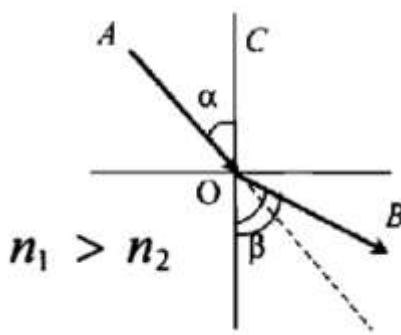
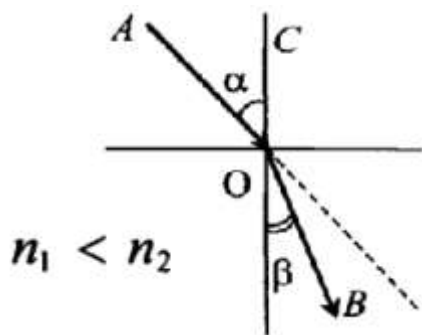
- угол падения  $\alpha$  равен углу отражения  $\beta$ .



**Законы преломления** выполняются, если на пути светового луча встречается граница двух прозрачных сред:

- падающий луч АО, преломлённый луч ОВ и перпендикуляр к границе двух сред ОС лежат в одной плоскости;

- отношение синуса угла падения к синусу угла преломления есть величина постоянная для двух прозрачных сред:



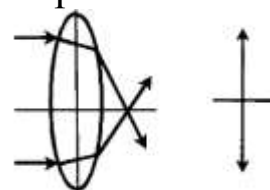
$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$$
$$n = \frac{n_2}{n_1}$$
$$n = \frac{v_1}{v_2}$$

где сверху первая среда, снизу — вторая,  $n$ - показатель преломления второй среды относительно первой,  $n_1$  и  $n_2$  - показатели преломления первой и второй сред относительно вакуума (соответственно),  $v_1$  и  $v_2$  — скорости световых лучей в первой и второй средах (соответственно).

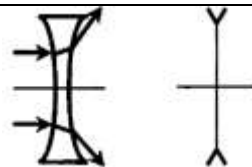
**Запомните:** угол преломления луча всегда меньше в более плотной среде (измеряем угол между лучом и перпендикуляром к границе раздела двух сред).

**Линза** — прозрачное тело, ограниченное сферическими поверхностями.

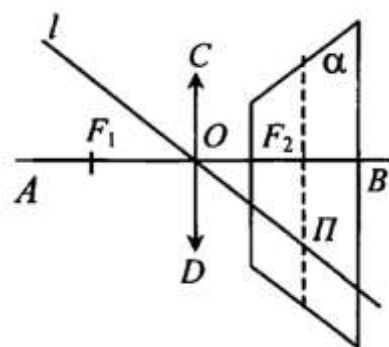
Двояковыпуклые линзы: лупа, объектив фотоаппарата, хрусталик глаза. Собирают лучи в фокусе  $F$ , если находятся в оптически менее плотной среде.



Двояковогнутые линзы рассеивают лучи от фокуса F, если находятся в оптически менее плотной среде.

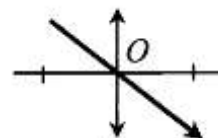


AB - главная оптическая ось, CD - положение линзы (собирающая), O - оптический центр линзы, F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> - фокусы линзы, α - фокальная плоскость, проходит через фокус перпендикулярно главной оптической оси, l — побочная оптическая ось, проходит через оптический центр, П — побочный фокус линзы — точка пересечения побочной оптической оси и фокальной плоскости.

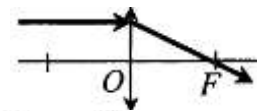


### Ход лучей в собирающей линзе

1) Лучи, проходящие через оптический центр линзы, не преломляются.

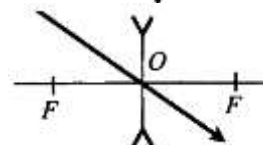


2) Лучи, параллельные главной оптической оси, после преломления в собирающей линзе проходят через фокус.

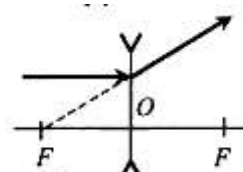


### Ход лучей в рассеивающей линзе

1) Лучи, проходящие через оптический центр линзы, не преломляются.



2) Лучи, параллельные главной оптической оси, после преломления в рассеивающей линзе выходят из фокуса.



**Оптическая сила линзы** — величина, обратная фокусному расстоянию линзы.

Формула и единица измерения	$D = \pm \frac{1}{F}$ (дптр)	+D у собирающей линзы -D у рассеивающей линзы
-----------------------------	------------------------------	--

**Формула тонкой линзы:**

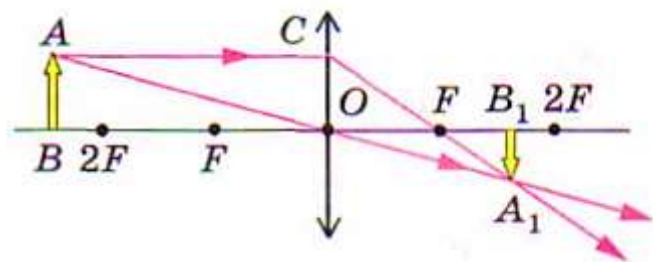
$$\pm \frac{1}{F} = \pm \frac{1}{d} \pm \frac{1}{f}$$

F - фокусное расстояние, d - расстояние от линзы до предмета, f - расстояние от линзы до изображения (до экрана).

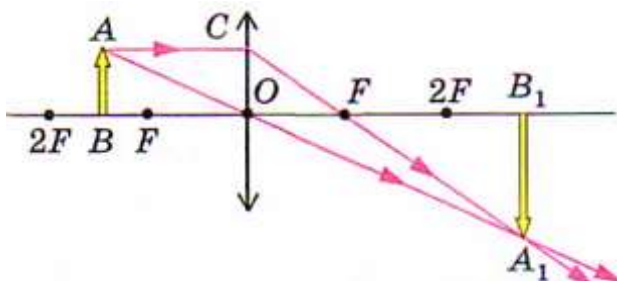
+F собирающая линза	+d действительный источник	+f действительное изображение
-F рассеивающая линза	-d мнимый источник	-f мнимое изображение



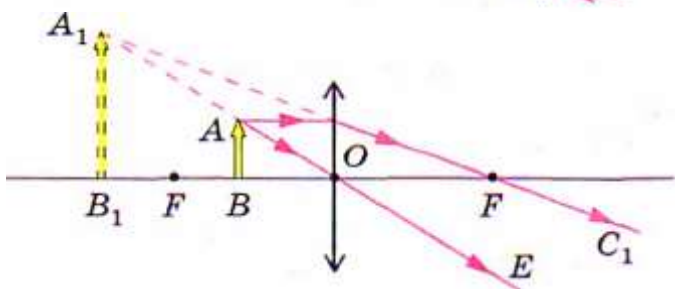
## Изображения, получаемые с помощью линз



Если предмет АВ находится за двойным фокусным расстоянием от собирающей линзы, то изображение предмета  $A_1B_1$ : *действительное* (по другую сторону от линзы относительно предмета), *перевернутое, уменьшенное*.



Если предмет находится между фокусным и двойным фокусным расстоянием от собирающей линзы, то изображение предмета: *действительное, перевернутое, увеличенное*.

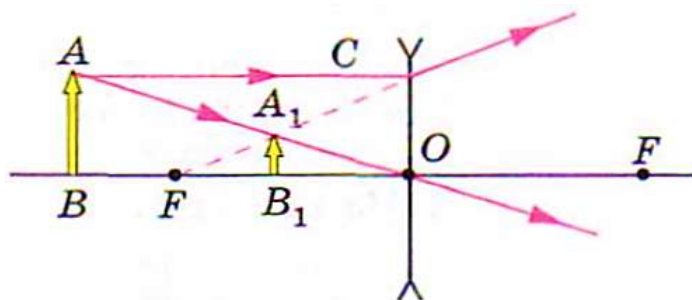


Если предмет находится между собирающей линзой и ее фокусом, то изображение предмета: *мнимое, прямое, увеличенное*.

**Запомните:** если предмет находится ровно на двойном фокусном расстоянии от собирающей линзы, то изображение размеры предмета и его изображения одинаковы, а также находятся на одинаковых расстояниях от линзы – в двойных фокусах по обе стороны от линзы.

При построении изображений в рассеивающей линзе в независимости от положения предмета получаем изображение этого предмета:

*мнимое, прямое, уменьшенное*.



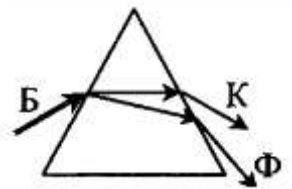
**Запомните:** в зеркале изображение предмета всегда получается мнимым, прямым, равным по размеру самому предмету, находящимся по другую сторону зеркала на том же расстоянии от него, что и сам предмет.

**Запомните:** в очках для близоруких людей (хорошо видят предметы вблизи) применяют рассеивающие линзы, чтобы скорректировать получаемое на сетчатке глаза изображение предметов (без линз благодаря лишь хрусталику изображение предметов получается перед сетчаткой глаза), в очках для дальнозорких людей (хорошо видят предметы вдали) используются собирающие линзы (без линз изображение предметов получается за сетчаткой глаза).

## Волновые свойства света

*Белый свет* — сложный свет («сумма» всех семи цветов).

Ньютон впервые разложил белый свет на составляющие его пучки разного цвета: пропустил узкий пучок света через треугольную стеклянную призму, получив спектр из семи цветов.



**Фраза-подсказка:** «Каждый охотник желает знать, где сидит фазан».

**Дисперсия** — явление разложения белого света в спектр.

Белый свет состоит из электромагнитных волн разной частоты. Попадая в призму, эти волны по-разному преломляются (больше всего преломляются волны, соответствующие фиолетовому цвету, меньше - красному). Дисперсия — зависимость абсолютного показателя преломления вещества от частоты падающей электромагнитной (световой) волны.

**Цвет** тел определяется тем, какие длины волн тело отражает. Например, красные тела отражают длины волн, соответствующие красному цвету, а остальные поглощают. Предмет чёрного цвета всё поглощает, а белого отражает все длины волн.

**Светофильтры** (цветные стекла) - прозрачные тела, которые пропускают определенные длины волн (световой волны определенного цвета), а остальные - поглощают.

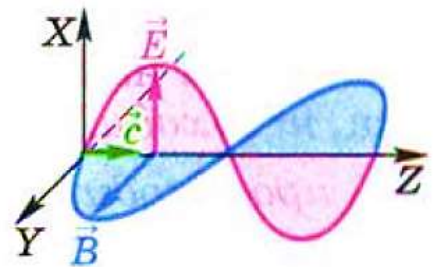
## Электромагнитные волны

**Электромагнитная волна** – система, состоящая из периодически изменяющихся, порождающих друг друга и распространяющихся в вакууме со скоростью света электрического и магнитного полей.

$\vec{E}$  - напряжённость электрического поля,

$\vec{B}$  — индукция магнитного поля;

$\vec{c}$  — скорость волны =  $3 \cdot 10^8$  м/с.



При размещении всех типов электромагнитных излучений (эл/магнитных волн) в порядке увеличения их частоты получаем шкалу:



**Запомните:** источником возникновения электромагнитных волн являются заряженные частицы, движущиеся в проводящей среде или вакууме с ускорением.

**Запомните:** при прохождении любой электромагнитной волной через вещество ее частота  $\nu$  остается постоянной, а скорость  $v$  и длина волны  $\lambda$  уменьшаются (в зависимости от прозрачности и плотности вещества).

### Квантовые свойства света

В 1900 г. немецкий физик Макс Планк выдвинул гипотезу, что атомы испускают электромагнитную энергию (световые волны и другие виды эл/магнитного излучения) отдельными порциями - квантами.

Энергия  $E$  каждого кванта (порции) прямо пропорциональна частоте  $\nu$  излучения:

$$E = h\nu$$

где  $h$  — коэффициент пропорциональности, получивший название постоянной Планка.

В настоящее время квант электромагнитного излучения называют также фотоном. Фотон - это элементарная частица, являющаяся квантом электромагнитного излучения (в том числе света).

Фотон не обладает ни массой, ни зарядом и всегда распространяется со скоростью света. Таким образом, свет обладает как волновыми, так и корпускулярными свойствами.

**Спектральный анализ** - исследование спектров от различных источников.

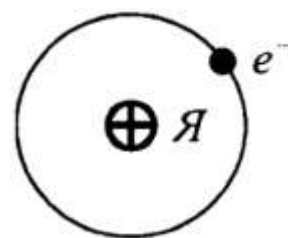
Каждый атом, каждая молекула вещества имеет свой набор характерных цветных полос. Как преступника можно узнать по отпечаткам пальцев, так химический состав разогретого вещества можно узнать по его спектру.

Сначала изучают линейчатые спектры испускания веществ, находящихся в разогретом газообразном состоянии, составляют специальные таблицы. Потом проводят сравнение спектра неизвестного газа с изученными спектрами.

### Ядерная физика

*Экспериментальные факты о строении атома:*

- 1) атом в целом электрически нейтрален;
- 2) масса атома в 1000 раз больше массы электрона;
- 3) размер атома  $\sim 10^{-10}$  м, размер ядра атома  $\sim 10^{-15}$  м.



**Планетарная модель атома Резерфорда:** в центре атома находится компактное, массивное, положительно заряженное ядро, вокруг которого на сравнительно большом расстоянии движутся электроны. Атомное ядро состоит из протонов и нейтронов.



**Ионы** — заряженные частицы. Положительный ион — атом, потерявший электрон или более; отрицательный ион — атом, захвативший лишний электрон или более.

**Обозначение атома любого химического элемента:**



где  $Z$  - зарядовое число, равное порядковому номеру химического элемента в таблице химических элементов Д.И. Менделеева, равное количеству протонов в ядре и количеству электронов в нейтральном атоме;

$A$  - массовое число, равное сумме протонов и нейтронов в ядре, равное целому значению относительной атомной массы элемента в таблице химических элементов Д.И. Менделеева;

$N$  - число нейтронов в ядре,  $N = A - Z$  ( $A = Z + N$ )

**Нуклоны** – общее название протонов и нейтронов ( $A$ ).

**Изотопы** - атомы, содержащие в ядре одинаковое число протонов, но разное число нейтронов. Число электронов у изотопов одинаково, поэтому они обладают одинаковыми химическими свойствами, а физическими свойствами изотопы могут отличаться.

**Ядерные силы.** Между протонами и нейтронами внутри ядер действуют силы не электрической природы. Эти силы называют ядерными. Причём для ядерного взаимодействия неважно наличие электрического заряда у протона.

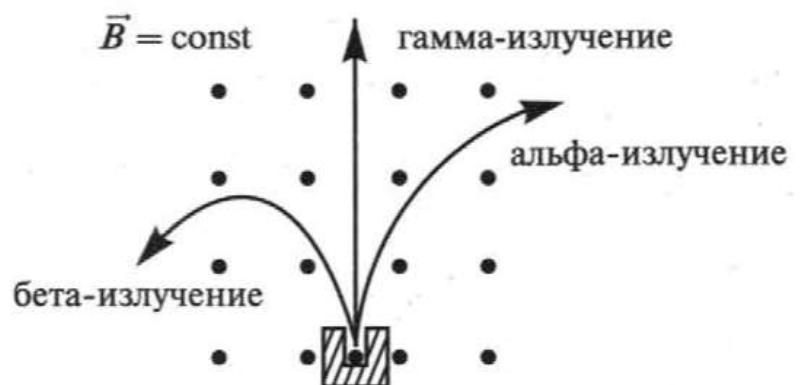
Ядерные силы являются короткодействующими (эффективно действуют только на расстоянии сравнимом с диаметром ядра атома средних размеров), но в 100 раз сильнее электростатических сил отталкивания между протонами.

**Радиоактивность** — способность некоторых ядер к самопроизвольному превращению в другие ядра. Обычно этот процесс сопровождается испусканием различных частиц и/или излучений.

**Естественная радиоактивность.** Ядерное взаимодействие короткодействующее. Ядра тяжёлых элементов имеют сравнительно большие размеры, поэтому между отдельными участками может возникнуть электрическое отталкивание, и ядро разрушается.

**Искусственная радиоактивность.** Даже лёгкие ядра под действием других элементарных частиц становятся радиоактивными.

**Виды радиоактивных излучений.** Если излучение, идущее от радиоактивного вещества, поместить в электрическое (или магнитное) поле, то оно распадается на три потока:



Заряд	Положительный	Нейтральный	Отрицательный
Название	$\alpha$ -лучи	$\gamma$ -лучи	$\beta$ -лучи
Состав излучения	Ядра атома гелия ${}^4_2\text{He}$	Коротковолновое электромагнитное излучение	Поток электронов ${}^0_{-1}e$
Что происходит с ядрами	Из ядра вылетает ${}^4_2\text{He}$	Ядро из возбужденного состояния переходит в основное	В ядре происходит распад нейтрона ${}^1_0n = {}^0_{-1}e + {}^1_1p$
Превращения в ядрах	$\alpha$ -распад ${}^A_ZX = {}^4_2\text{He} + {}^{A-4}_{Z-2}Y$	$\gamma$ -распад ${}^A_ZX = {}^A_ZX$	$\beta$ -распад ${}^A_ZX = {}^0_{-1}e + {}^{A}_{Z+1}Y$
Защита от излучения	Лист бумаги толщиной 0,1 мм	Слой свинца	Алюминиевая пластина толщиной 3,5 см

Обозначения:  ${}^0_{-1}e$  – электрон,  ${}^0_1e$  – позитрон (антиэлектрон),  ${}^1_1p$  – протон,  ${}^1_0n$  – нейтрон,  ${}^0_0\gamma$  – гамма-квант (гамма-излучение).

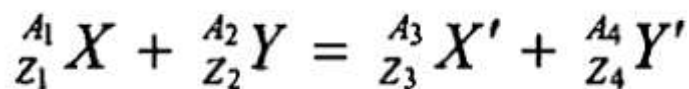
**Период полураспада  $T$**  — это промежуток времени, в течение которого исходное число радиоактивных ядер в среднем уменьшается вдвое.

**Закон радиоактивного распада:**

$$N = \frac{N_0}{2^{\frac{t}{T}}}$$

где  $N$  - число нераспавшихся ядер в момент времени  $t$ ,  $N_0$  - начальное число нераспавшихся ядер;  $T$  - период полураспада.

**Ядерные реакции** - это изменения в ядрах, которые происходят под действием других ядер или элементарных частиц:



В ядерных реакциях выполняются законы сохранения заряда и массы:

$$A_1 + A_2 = A_3 + A_4 \quad \text{и} \quad Z_1 + Z_2 = Z_3 + Z_4$$

**Термоядерная реакция** - реакция слияния лёгких ядер (таких как водород, гелий и др.), происходящая при температурах от десятков до сотен миллионов градусов.

### Ученые и их открытия:

<i>Ученый</i>	<i>Открытие</i>
А. Беккерель	Радиоактивность.
М. Фарадей	Явление электромагнитной индукции.
Ш. Кулон	Взаимодействие электрических зарядов.
Г. Эрстед	Магнитное поле проводника с током (обнаружил по поворачиванию магнитной стрелки).
Архимед	Выталкивающая сила, действующая на тела в жидкости .
И. Ньютон	Закон всемирного тяготения.
Э. Резерфорд	Планетарная модель атома (при бомбардировке золотой фольги альфа-частицами наблюдается их рассеивание).
А.-М. Ампер	Магнитное взаимодействие проводников с током (притяжение или отталкивание в зависимости от направления токов).
Б. Паскаль	Передача давления внутри жидкости или газа по всему объему одинаково).
Г.С. Ом	Пропорциональность силы тока в проводнике напряжению и обратная пропорциональность сопротивлению проводника.

### Устройства и принципы их действия (физические явления):

<i>Устройство</i>	<i>Принцип действия (физические явления)</i>
Электродвигатель	Силовое действие магнитного поля на проводник с током.
Электрический генератор	Явление электромагнитной индукции.
Гидравлический пресс	Закон Паскаля, равенство давлений на поршнях разной площади.
Электромагнитное реле	Магнитное действие проводника с током.
Счетчик Гейгера	Регистрация ионизирующих (радиоактивных) частиц.
Камера Вильсона	Регистрация треков ионизирующих (радиоактивных) частиц.
Тепловой двигатель	Преобразование внутренней энергии сгорающего топлива в механическую энергию подвижных частей.
Гальванический элемент	Преобразование энергии химических реагентов в электричество.