

Основные понятия и законы ЭМП

Взаимодействие заряженных частиц находящихся на расстоянии друг от друга описывают с помощью понятия поля. Можно говорить, что одна частица создает возле себя поле и о последующим взаимодействии этого поля с другой частицей.

Электромагнитное поле представляет собой особую форму материи, посредством которой осуществляется взаимодействие между электрически заряженными частицами.

Поведение электромагнитного поля изучает классическая электродинамика, но при больших частотах проявляются квантовые свойства электромагнитного поля. В этом случае классическая электродинамика становится неприменимой и электромагнитное поле описывается квантовой электродинамикой.

Свойство частицы определяющее её взаимодействие с электромагнитным полем определяется **зарядом частицы q** . Он может быть как положительным, так и отрицательным или равным нулю.

Электрические заряды существуют в природе в виде заряженных частиц.

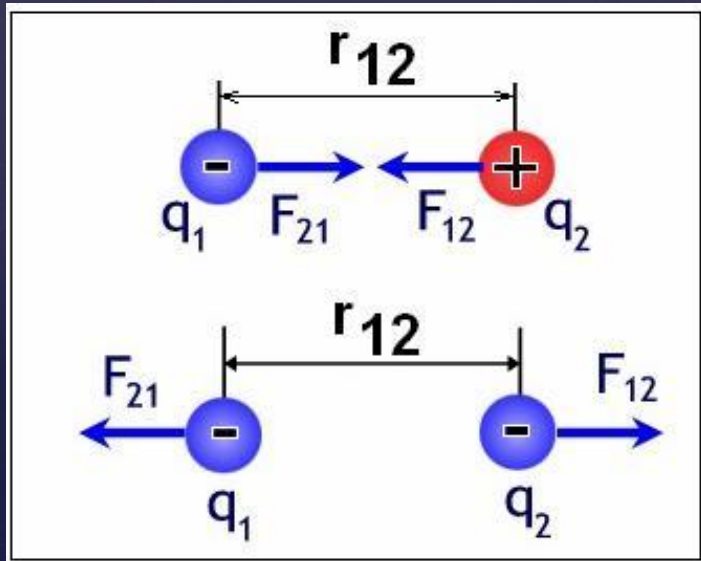
Элементарная отрицательно заряженная частица, с которой нам приходится встречаться в электрических явлениях, называется **электроном**. Заряд электрона равен $1,6 \cdot 10^{-12}$ Кл.

Теория электромагнитного поля.

Электростатическое поле

Частным случаем ЭМП является электрическое поле. **Закон Кулона** - два неподвижных точечных электрических зарядов q_1 и q_2 , находящихся в покое в вакууме притягиваются или отталкиваются друг от друга с силой, пропорциональной произведению величин этих зарядов и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними.

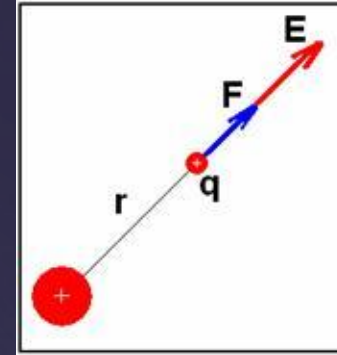
$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{|q_1 q_2|}{r_{12}^2}$$



F – модуль силы взаимодействия двух зарядов (Н);
 q_1 – величина первого заряда (Кл);
 q_2 – величина второго заряда (Кл);
 r_{12} – расстояние между зарядами (м);
 $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ – электрическая постоянная (Кл/(В м)).

Для количественной характеристики электрического поля используют — напряженность электрического поля E . **Напряженность электрического поля E** равна отношению механической силы F , действующей на неподвижный положительный пробный заряд q к величине этого заряда

$$E = \frac{F}{q}$$



Напряженность электрического поля по направлению совпадает с вектором силы, действующей на положительный заряд

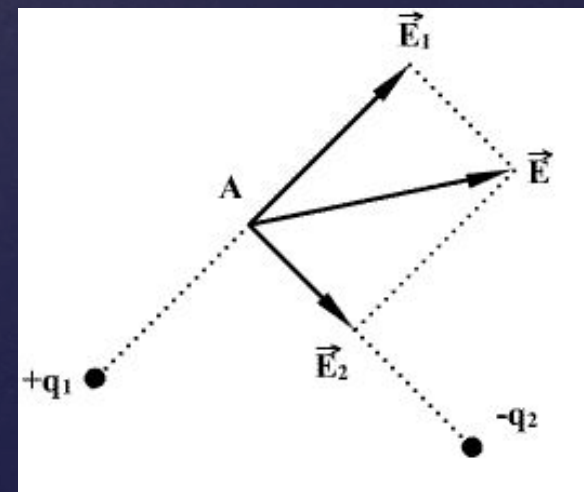
Если электрическое поле вызвано одним точечным зарядом q , то напряженность поля можно получить непосредственно из закона Кулона путем деления обеих частей равенства на пробный заряд

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{r^2}$$

Если известна напряженность поля в какой-либо точке, то тем самым определена и сила, действующая на электрический заряд, помещенный в эту точку

$$F = qE$$

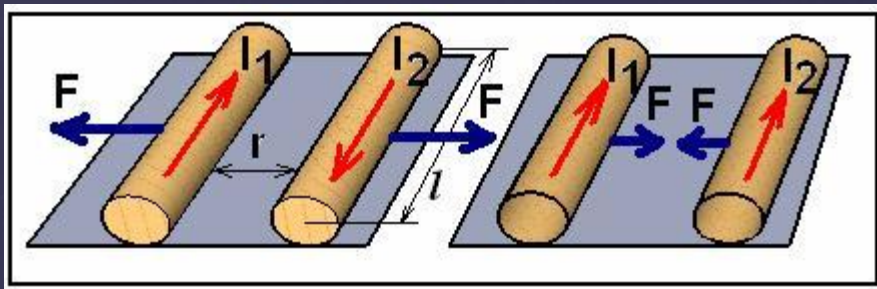
Если E_1, E_2, \dots, E_n — векторы напряженности полей, создаваемых отдельными зарядами в какой-либо точке, то напряженность результирующего поля в этой же точке равна их векторной сумме (**принцип суперпозиции** (наложения) электрических полей)



$$\vec{E}^+ = \vec{E}_1^+ + \vec{E}_2^+ + \dots + \vec{E}_n^+ = \sum_{i=1}^n \vec{E}_i^+$$

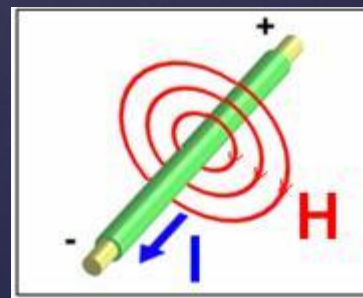
Магнитное поле

Между проводниками по которым протекают электрические постоянные токи, возникают механические силы взаимодействия, зависящие от силы этих токов и расположения проводников (**закон Ампера**). Если направления токов одинаковы, то параллельные проводники притягиваются, если же направления токов противоположны – отталкиваются



где F – сила действующая между параллельными проводниками, Н;
 μ_0 – $4\pi \cdot 10^{-7}$ магнитная постоянная, Гн/м;
 I_1 – сила постоянного тока в первом проводнике, А;
 I_2 – сила постоянного тока во втором проводнике, А;
 l – длина проводников, м;
 r – расстояние между проводниками, м.

Магнитное поле в каждой точке пространства может быть исчерпывающим образом описано некоторым **вектором H** , называемым **напряженностью магнитного поля**



Опытным путем установлено, что сила F связана с H следующим выражением
$$F = \frac{I}{c} [dsH]$$

где ds элемент тока длины, по которому течет ток силы I ;
 $c=3 \cdot 10^8$ м/с –
электродинамическая постоянная (скорость света в вакууме).

Для описания магнитного поля наряду с напряженностью магнитного поля \mathbf{H} широко используют еще другую физическую величину — **В магнитную индукцию**

$$\mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{H}$$

где \mathbf{B} – вектор магнитной индукции, Тл;
 $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ В с/(А м) – магнитная постоянная;
 \mathbf{H} – вектор напряженности магнитного поля, А.м.

Опыт показывает, что для магнитного поля, так же как и для электрического справедлив **принцип суперпозиции** или наложения, если имеется несколько элементов с током, каждый из которых создает магнитные индукции \mathbf{B}_1 , \mathbf{B}_2 и \mathbf{B}_n , то магнитная индукция результирующего поля \mathbf{B} равна векторной сумме индукций отдельных элементов с током

$$\mathbf{B} = \mathbf{B}_1 + \mathbf{B}_2 + \dots + \mathbf{B}_n$$

Уравнения электромагнитного поля

Закон Ома в дифференциальной форме.

где \mathbf{j} – плотность тока проводимости;

σ – удельная проводимость.

$$\mathbf{j} = \sigma \mathbf{E}$$

Ток смещения $\mathbf{j}_{\text{см}}$ определяется как

$$\mathbf{j}_{\text{см}} = \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t}$$

где \mathbf{D} – вектор электрического смещения для вакуума, Кл/м²,

$$\mathbf{D} = \varepsilon_0 \mathbf{E}$$

$$\text{rot} \mathbf{H} = \mathbf{j} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t}$$

Уравнения Максвелла в дифференциальной форме

$$\text{div} \mathbf{B} = 0$$

$$\text{rot} \mathbf{E} = - \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$$

$$\text{div} \mathbf{D} = \rho$$

Уравнения Максвелла в интегральной форме

$$\left\{ \begin{array}{l} \oint_{\Gamma} \mathbf{H} d\mathbf{l} = \int_S \mathbf{j} d\mathbf{S} + \int_S \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} d\mathbf{S}; \\ \oint_{\Gamma} \mathbf{E} d\mathbf{l} = - \frac{d}{dt} \int_S \mathbf{B} d\mathbf{S}; \\ \int_S \mathbf{D} d\mathbf{S} = \int_V \rho dV; \\ \oint_S \mathbf{B} d\mathbf{S} = 0. \end{array} \right.$$

$$\operatorname{div} \mathbf{D} = \rho$$

$$\operatorname{div} \mathbf{B} = 0$$

$$\operatorname{rot} \mathbf{E} = - \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$$

$$\operatorname{rot} \mathbf{H} = \mathbf{j} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t}$$

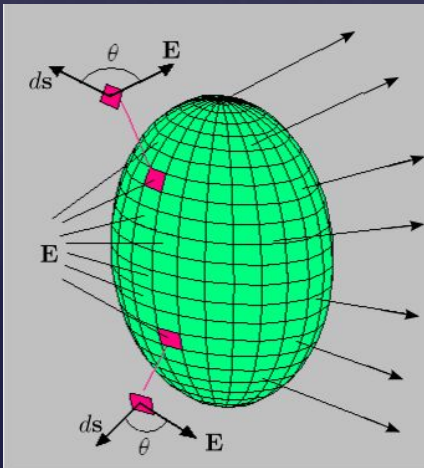
Электрический заряд является источником электрической индукции

Не существует магнитных зарядов

Изменение магнитной индукции порождает вихревое электрическое поле

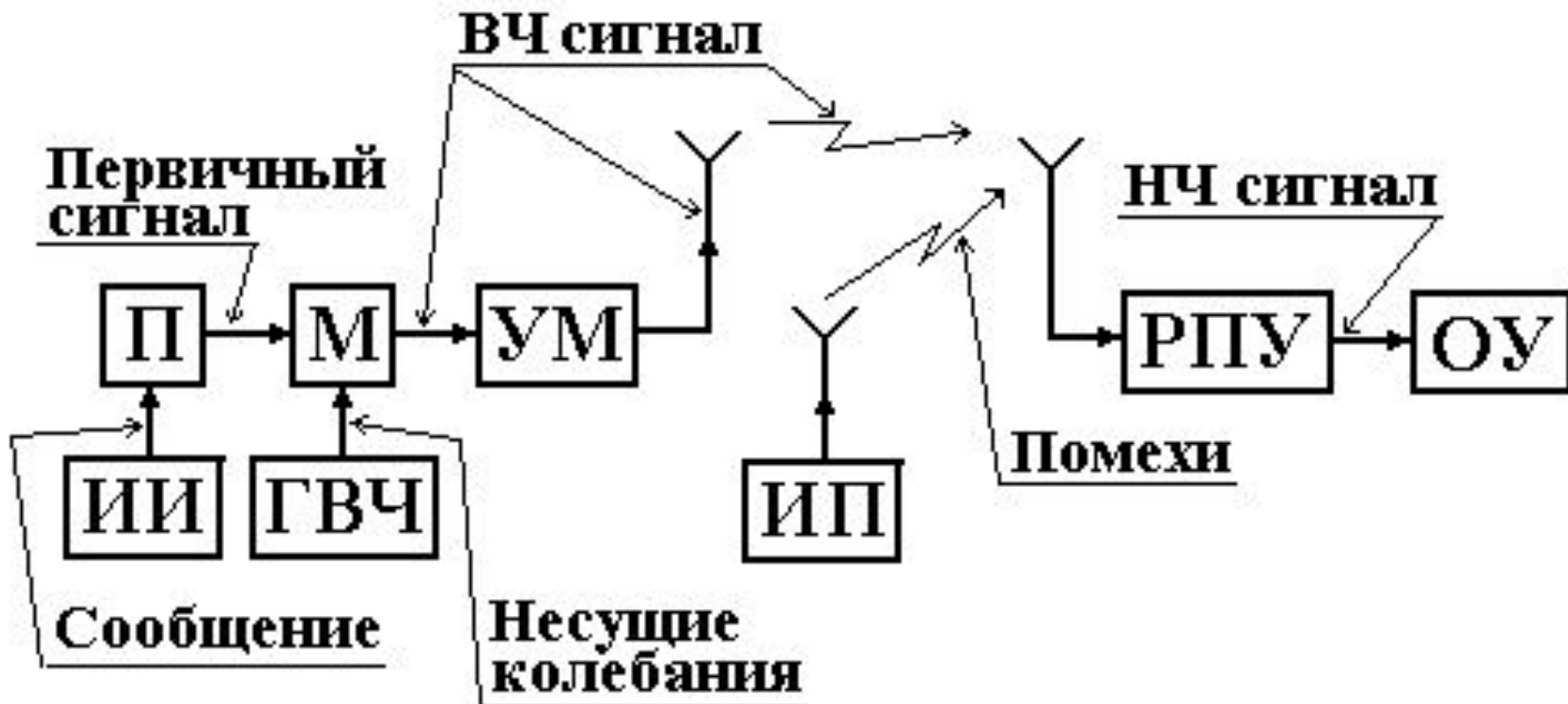
Электрический ток и изменение электрической индукции порождают вихревое магнитное поле

Полный электрический ток свободных зарядов и изменение потока электрической индукции через незамкнутую поверхность, пропорциональны циркуляции магнитного поля на замкнутом контуре, который является границей поверхности.

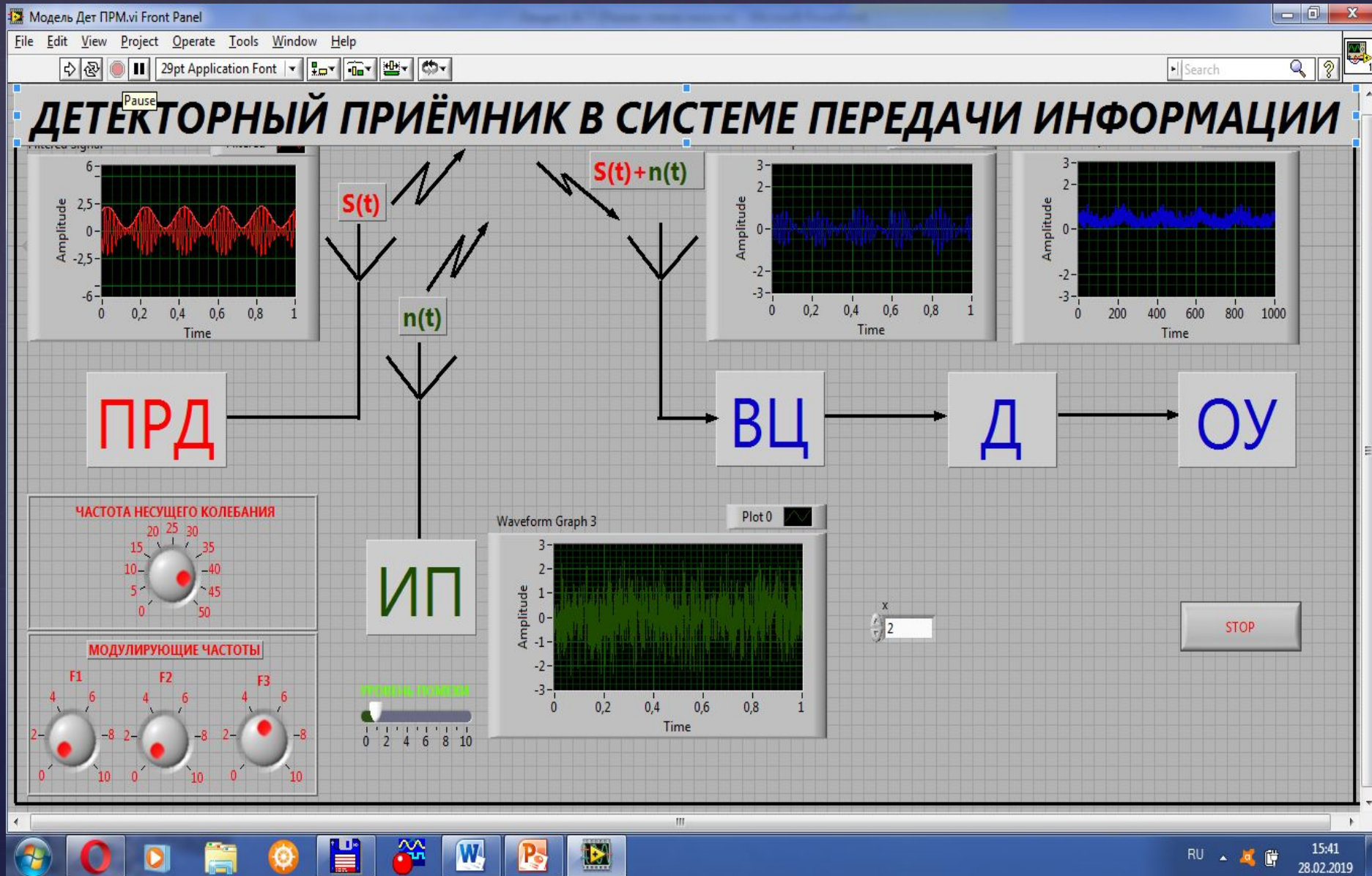


$$\left\{ \begin{array}{l} \oint_{\Gamma} \mathbf{H} d\mathbf{l} = \int_S \mathbf{j} d\mathbf{S} + \int_S \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} d\mathbf{S}; \\ \oint_{\Gamma} \mathbf{E} d\mathbf{l} = - \frac{d}{dt} \int_S \mathbf{B} d\mathbf{S}; \\ \int_S \mathbf{D} d\mathbf{S} = \int_V \rho dV; \\ \oint_S \mathbf{B} d\mathbf{S} = 0. \end{array} \right.$$

Общие понятия о передаче информации на расстояние



Демонстрация в LabView



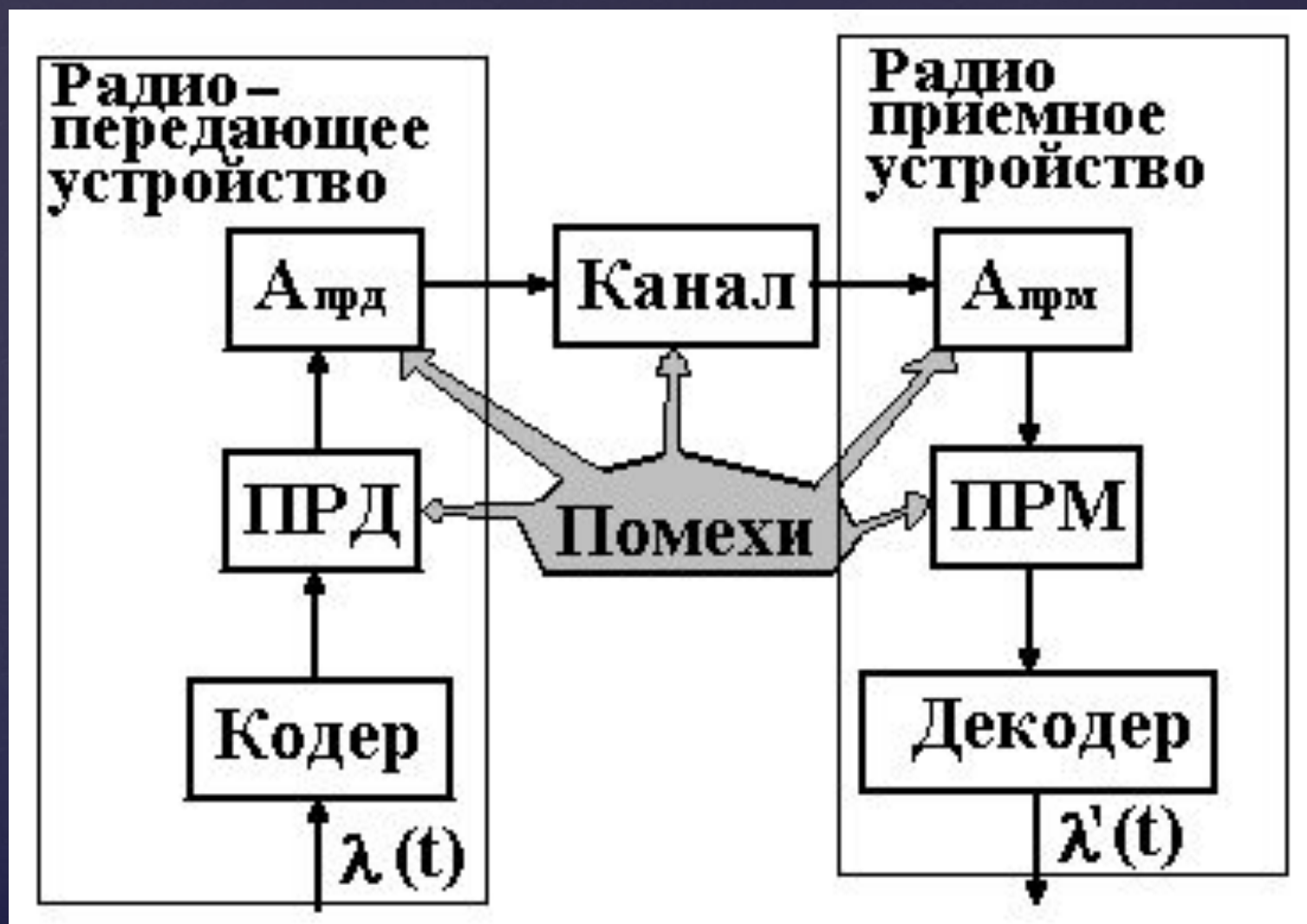
Все радиотехнические системы по
информационному назначению
подразделяются на следующие классы :

• передачи информации;

• извлечения информации;

• противодействия передаче или извлечению
информации

Структура системы передачи информации



Структура системы извлечения информации



Структура системы противодействия передаче или извлечению информации



Сообщения, сигналы, помехи



Структурная схема радиотехнической системы передачи информации

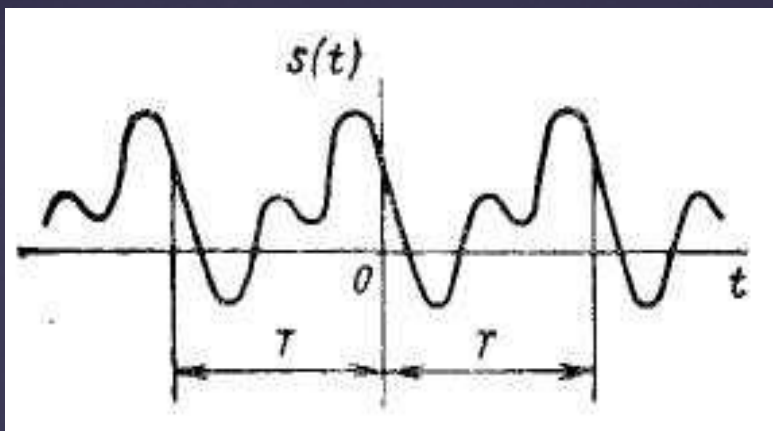


График периодического колебания

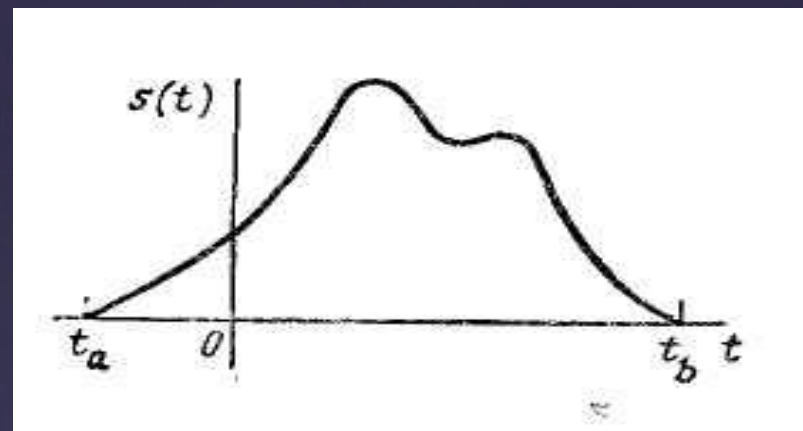
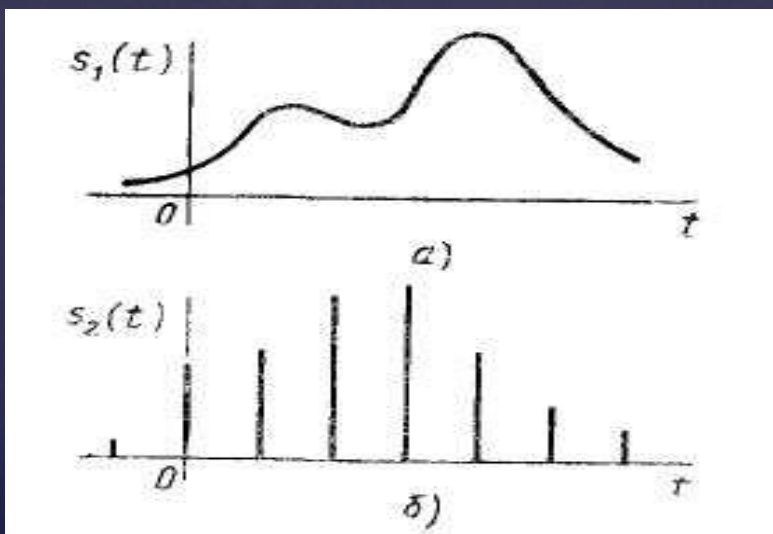


График финитного колебания



Графики непрерывных колебаний
а) аналогового б) дискретного

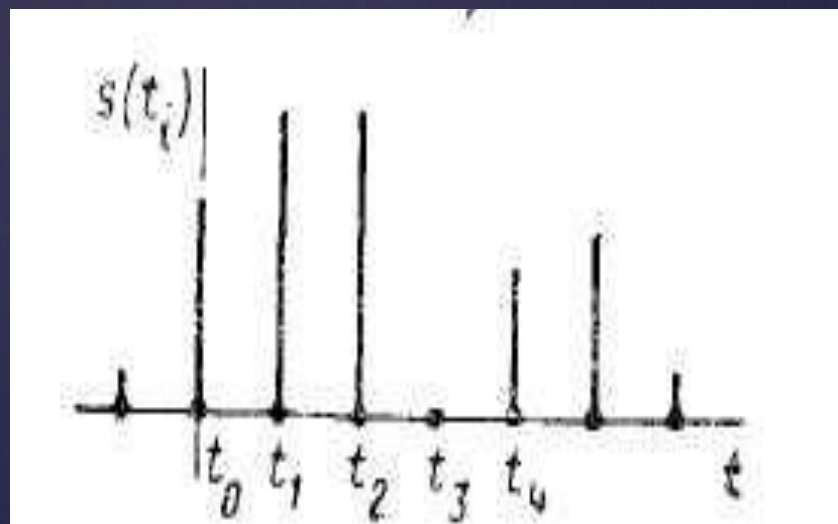


График дискретного сигнала