

**СПбГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича**

***Основы  
инфокоммуникационных  
систем***

**2016 г.**

# *Основные понятия и определения*

# Основные понятия

**"*Система* (от греч. *σύστημα (systema)*— целое, составленное из частей; соединение) — множество элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, которое образует определённую целостность, единство".**

*Большой Российский энциклопедический словарь. — М.: БРЭ. — 2003*

# Общие свойства систем

***Целостность*** системы подразумевает, что "ценность" связей составляющих её компонентов *внутри системы* выше, чем ценность связей компонентов системы с компонентами *внешних систем*.

# Общие свойства систем

***Целостность*** системы подразумевает, что "ценность" связей составляющих её компонентов *внутри системы* выше, чем ценность связей компонентов системы с компонентами *внешних систем*.

***Синергичность*** — появление у системы свойств, не присущих компонентам системы; принципиальная несводимость свойств системы к сумме свойств составляющих её компонентов. Возможности системы превосходят сумму возможностей составляющих её частей; функциональность системы лучше, чем у множества компонентов.

# Общие свойства систем

***Целостность*** системы подразумевает, что "ценность" связей составляющих её компонентов *внутри системы* выше, чем ценность связей компонентов системы с компонентами *внешних систем*.

***Синергичность*** — появление у системы свойств, не присущих компонентам системы; принципиальная несводимость свойств системы к сумме свойств составляющих её компонентов. Возможности системы превосходят сумму возможностей составляющих её частей; функциональность системы лучше, чем у множества компонентов.

***Иерархичность*** — каждый компонент системы может рассматриваться как система; сама система также может рассматриваться как элемент некоторой надсистемы (суперсистемы).

# Радиоэлектроника в телекоммуникациях

*Радиоэлектронное средство (РЭС)* — техническая система и/или её составные части, в основу функционирования которых положены принципы радиотехники и электроники.

# Радиоэлектроника в телекоммуникациях

***Радиоэлектронное средство (РЭС)*** — техническая система и/или её составные части, в основу функционирования которых положены принципы радиотехники и электроники.

***Радиотехника*** — область науки и техники, изучающая и использующая **электромагнитные колебания и волны**, методы их генерации, преобразования, излучения и приёма, а также проектирование и изготовление радиоаппаратуры.



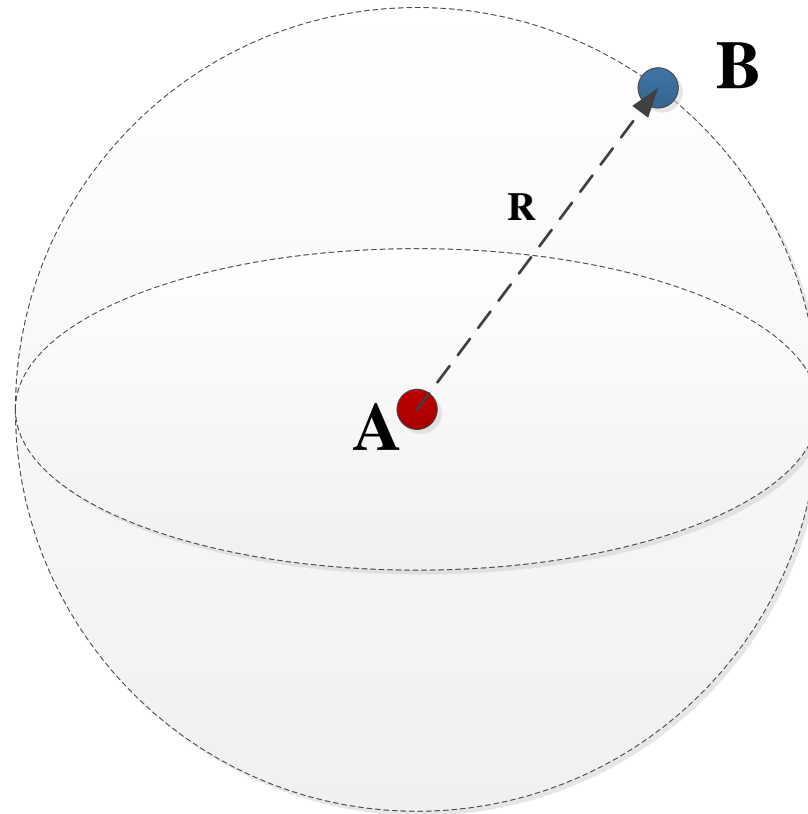
# Радиоэлектроника в телекоммуникациях

***Радиоэлектронное средство (РЭС)*** — техническая система и/или её составные части, в основу функционирования которых положены принципы радиотехники и электроники.

***Радиотехника*** — область науки и техники, изучающая и использующая **электромагнитные колебания и волны**, методы их генерации, преобразования, излучения и приёма, а также проектирование и изготовление радиоаппаратуры.

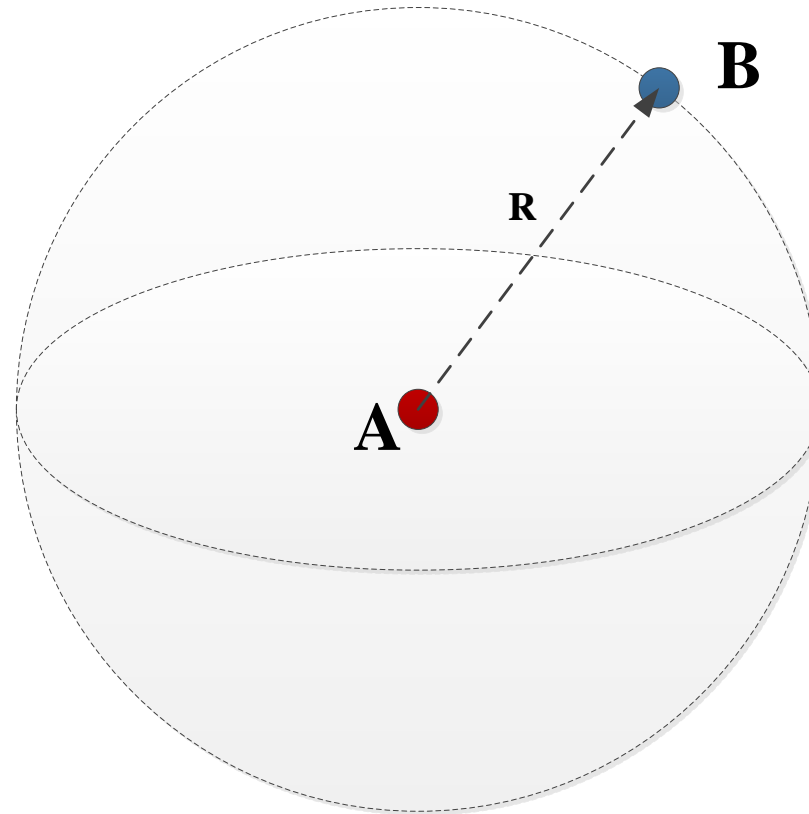
***Электроника*** - область науки и техники, изучающая и использующая взаимодействие носителей заряда с **электромагнитными полями**; методы создания электронных приборов.

# Функциональная задача телекоммуникаций



**Передача сообщения в пространстве из точки  
A в точку B на расстояние R**

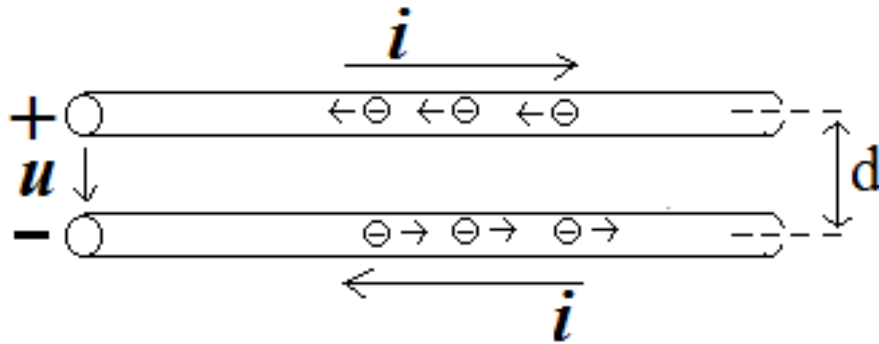
# Функциональная задача телекоммуникаций



Передача сообщения в пространстве из точки  
A в точку B на расстояние R **за минимальное время**

# Радиоэлектроника в телекоммуникациях

**Электрический ток**, направленное (упорядоченное) движение заряженных частиц: электронов, ионов и др.



$q$  - заряд  $\langle K \rangle$ ;

$$i = \frac{dq}{dt} \langle A \rangle;$$

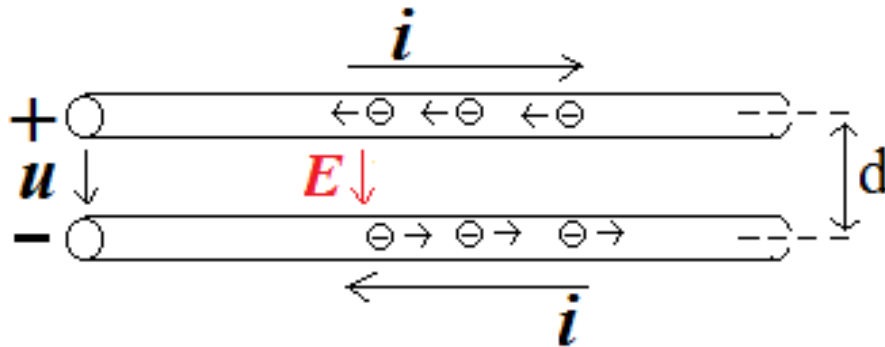
Мощность -  $p$ ;

$$p = u \cdot i \langle Вт \rangle = \langle B \cdot A \rangle;$$

**Скорость движения электронов в проводниках 1...3 мм/с.**

# Радиоэлектроника в телекоммуникациях

**Электрический ток**, направленное (упорядоченное) движение заряженных частиц: электронов, ионов и др.



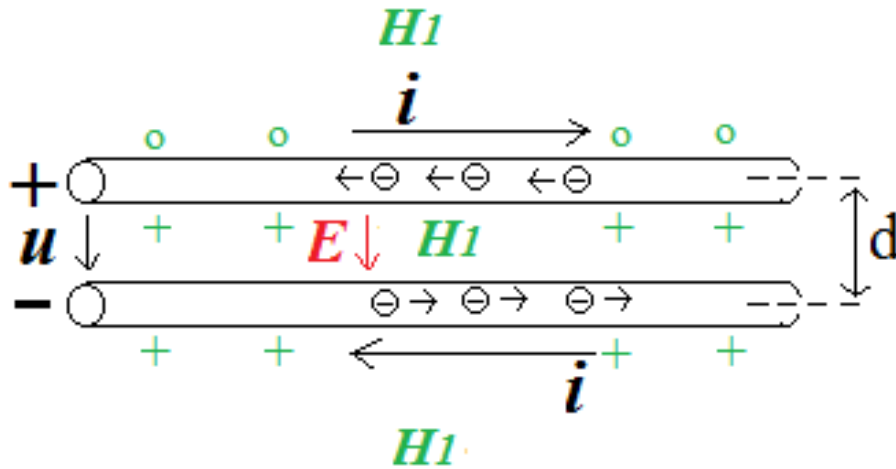
$q$  - заряд  $\langle K \rangle$ ;

$$i = \frac{dq}{dt} \langle A \rangle;$$

$$E = \frac{u}{d} \left\langle \frac{B}{m} \right\rangle;$$

# Радиоэлектроника в телекоммуникациях

**Электрический ток**, направленное (упорядоченное) движение заряженных частиц: электронов, ионов и др.



$$q - \text{заряд } \langle K \rangle;$$

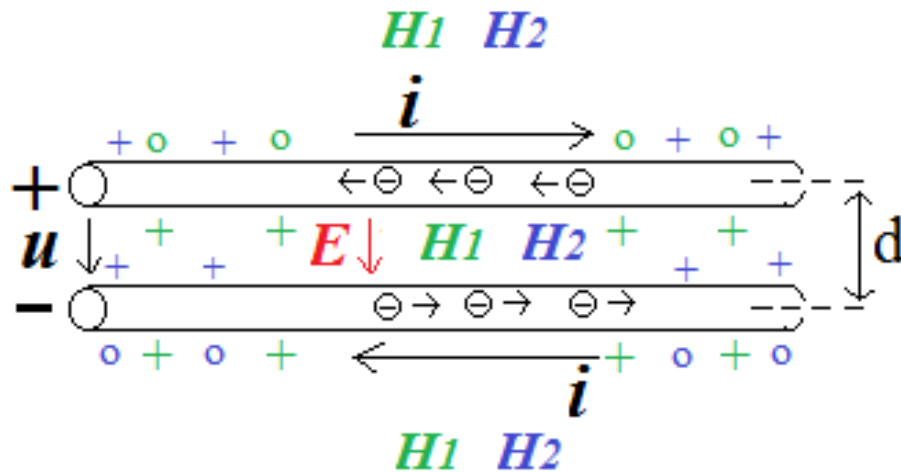
$$i = \frac{dq}{dt} \langle A \rangle;$$

$$E = \frac{u}{d} \left\langle \frac{B}{M} \right\rangle;$$

$$H = \left\langle \frac{A}{M} \right\rangle;$$

# Радиоэлектроника в телекоммуникациях

**Электрический ток**, направленное (упорядоченное) движение заряженных частиц: электронов, ионов и др.



$q$  - заряд  $\langle K \rangle$ ;

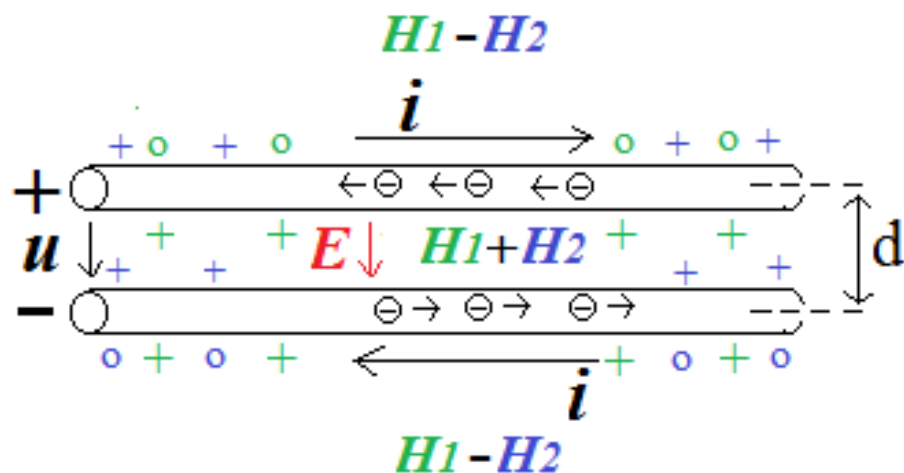
$$i = \frac{dq}{dt} \langle A \rangle;$$

$$E = \frac{u}{d} \left\langle \frac{B}{m} \right\rangle;$$

$$H = \left\langle \frac{A}{m} \right\rangle;$$

# Радиоэлектроника в телекоммуникациях

**Электрический ток**, направленное (упорядоченное) движение заряженных частиц: электронов, ионов и др.



$q$  - заряд  $\langle K \rangle$ ;

$$i = \frac{dq}{dt} \langle A \rangle;$$

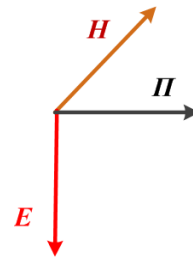
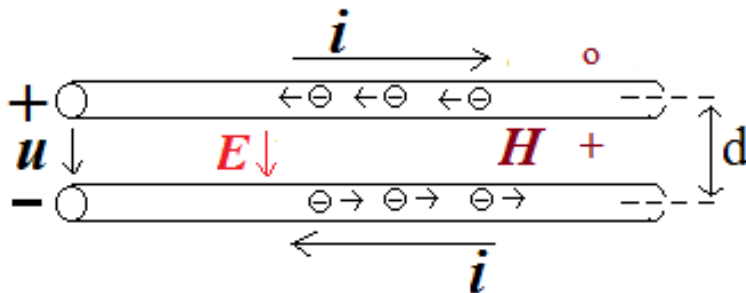
$$E = \frac{u}{d} \left\langle \frac{B}{M} \right\rangle;$$

$$H = \left\langle \frac{A}{M} \right\rangle;$$



# Радиоэлектроника в телекоммуникациях

**Электромагнитное колебание** - взаимосвязанные колебания электрического ( $E$ ) и магнитного ( $H$ ) полей, составляющих единое электромагнитное поле.



Плотность мощности -  $\Pi$ ;

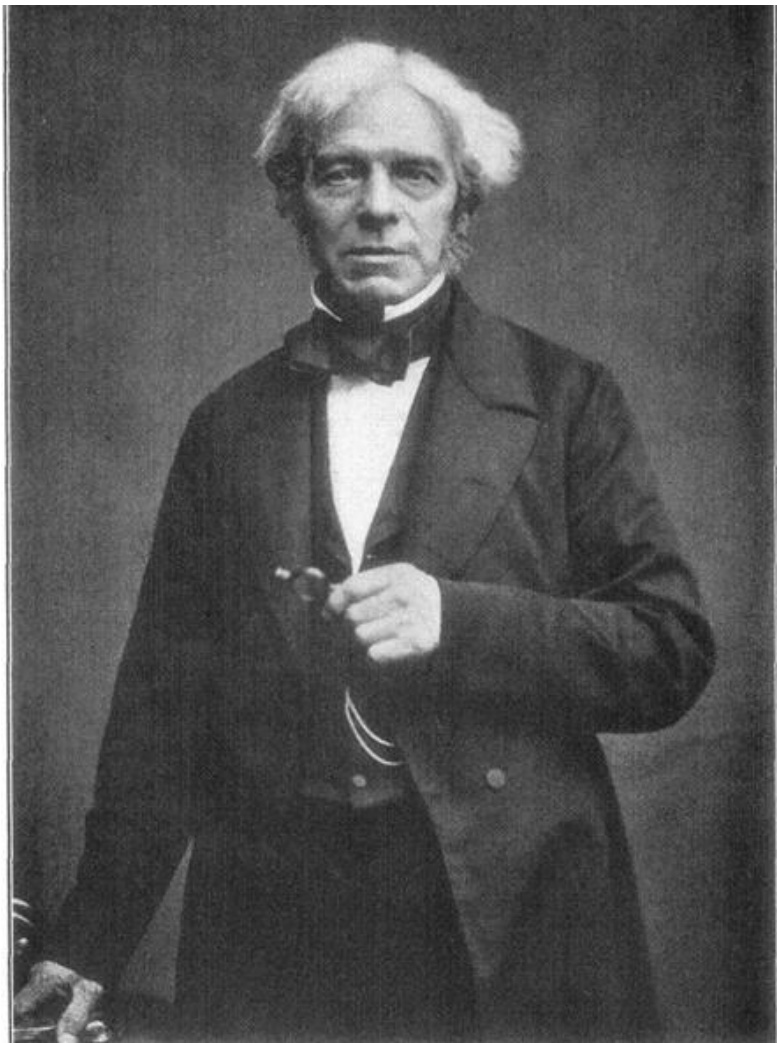
$$\vec{\Pi} = \vec{E} \times \vec{H} \quad \left\langle \frac{Вт}{м^2} = \frac{В}{м} \cdot \frac{А}{м} \right\rangle;$$

Скорость движения электромагнитного колебания в вакууме  
**299 792 458 м/с.**

*Краткая история  
развития  
радиоэлектроники и  
телекоммуникаций*

# Майкл Фарадей

(22 сентября 1791 — 25 августа 1867)



**Основоположник учения об электромагнитном поле. Обнаружил химическое действие электрического тока, взаимосвязь между электричеством и магнетизмом, магнетизмом и светом. Открыл (1831) электромагнитную индукцию.**

**Результатом его работ в области химии является открытие бензина.**

**В 1938 в архивах Королевского общества был найден длинный узкий конверт, подписанный: "Новые воззрения, подлежащие хранению в запечатанном конверте в архивах Королевского общества".**

**Письмо было написано Майклом Фарадеем 12 марта 1832 года и содержало в себе суть открытия, сделанного Герцем спустя 55 лет после смерти Фарадея. Речь шла о существовании электромагнитных волн. Фарадей писал: "...Я хочу, передавая это письмо на хранение в Королевское общество, закрепить открытие за собой определенной датой и, таким образом, иметь право, в случае экспериментального подтверждения, объявить эту дату датой моего открытия. В настоящее время, насколько мне известно, никто из ученых, кроме меня, не имеет подобных взглядов".**

**К моменту смерти в 1867 году его научные открытия получили признание 97 академий наук (в том числе 8 декабря 1830 г. его приняли в почетные члены С.-Петербургской академии наук), он также был носителем целой коллекции научных титулов, однако не счел нужным получить хотя бы одно звание. В своих лучших традициях Фарадей отказался и от дворянского титула.**

# Джеймс Клерк Максвелл

(13 июня 1831 - 5 ноября 1879)



Максвелл заложил основы современной классической электродинамики (уравнения Максвелла), ввёл в физику понятия тока смещения и электромагнитного поля.

Он так сформулировал принцип своей научной работы и жизни вообще:

*"Вот мой великий план, который задуман уже давно, и который то умирает, то возвращается к жизни и постепенно становится всё более навязчивым... Основное правило этого плана — упрямо не оставлять ничего неизученным".*

**Автор принципа цветной фотографии.**



**1861 г.**

**"Ленточка из шотландки"**

**Первое в истории достоверное  
цветное фотографическое  
изображение**

**Альберт Эйнштейн признал, что "теория относительности обязана своим возникновением уравнениям Максвелла для электромагнитного поля".**

# Генрих Рудольф Герц

(22 февраля 1857 - 1 января 1894)



Герц считал, что его открытия были не практичнее "максвелловских":

*«Это абсолютно бесполезно. Это только эксперимент, который доказывает, что маэстро Максвелл был прав. Мы всего-навсего имеем таинственные электромагнитные волны, которые не можем видеть глазом, но они есть».*

*«И что же дальше?»* — спросил его один из студентов.

Герц пожал плечами, он был скромный человек, без претензий и амбиций: *«Я предполагаю — ничего».*

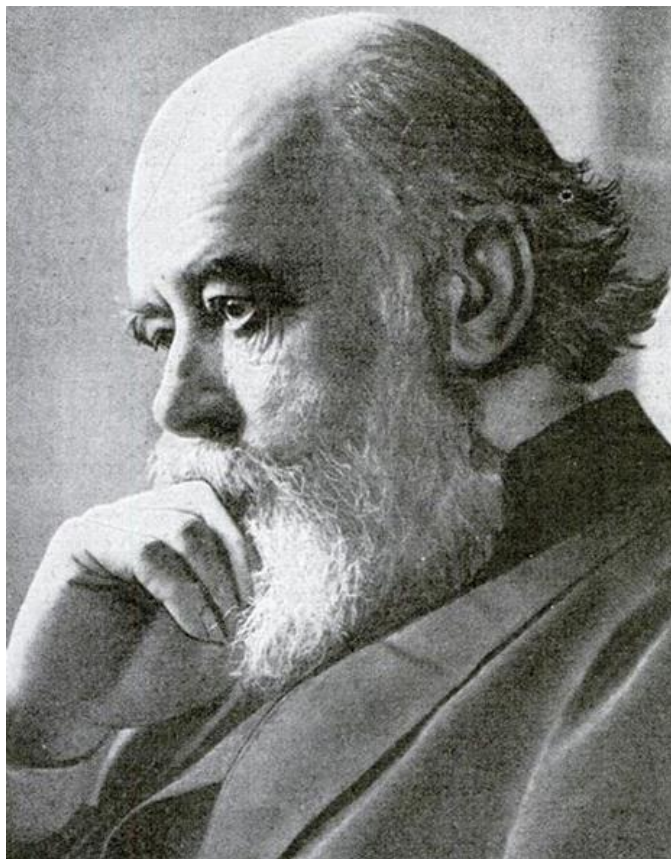


**Могила Генриха Герца в г. Бонне**



# Оливер Джозеф Лодж

(12 июня 1851 — 22 августа 1940)



14 августа 1894 г. на заседании Британской ассоциации содействия развитию науки в Оксфордском университете Лодж провел первую успешную демонстрацию радиотелеграфии.

В ходе демонстрации радиосигнал азбуки Морзе был отправлен из лаборатории в соседнем Кларендоновском корпусе и принят аппаратом на расстоянии 40 м — в театре Музея естественной истории, где проходила лекция.

Лодж также изобрёл динамический громкоговоритель современного типа (1898) и электрическую свечу зажигания.

**Впоследствии Маркони так сказал про Лоджа:**

*«Он (Лодж) — один из самых больших наших физиков и мыслителей, но особенно значительны его работы в области радио.*

*С самых первых дней, после экспериментального подтверждения теории Максвелла относительно существования электромагнитного излучения и его распространения через пространство, очень немногие люди обладали ясным пониманием в отношении разгадки этой одной из наиболее скрытых тайн природы.*

*Сэр Оливер Лодж обладал этим пониманием в гораздо большей степени, чем любой другой из его современников».*

**Почему Лодж не изобрел радио?**

**Сам он так объяснил этот факт:**

*«Я был слишком занят работой, чтобы браться за развитие телеграфа или любого другого направления техники. У меня не было достаточного понимания того, чтобы почувствовать насколько это окажется экстраординарно важным для флота, торговли, гражданской и военной связи.»*

# Александр Степанович Попов

(16 марта 1859 - 13 января 1906)



Впервые он представил своё изобретение 7 мая 1895 года на заседании Русского физико-химического общества Санкт-Петербургском университете.

Тема лекции была: "Об отношении металлических порошков к электрическим колебаниям".

В опубликованном описании своего прибора, А. С. Попов отмечал его пользу для лекционных целей и регистрирования пертурбаций, происходящих в атмосфере

*Он выразил надежду, что "прибор, при дальнейшем усовершенствовании его, может быть применён к передаче (приёму) сигналов на расстояния при помощи быстрых электрических колебаний"*

# Гульельмо Маркони

(25 апреля 1874 - 20 июля 1937)



В 1895 году Маркони послал беспроводной сигнал из своего сада в поле на расстояние 3 км.

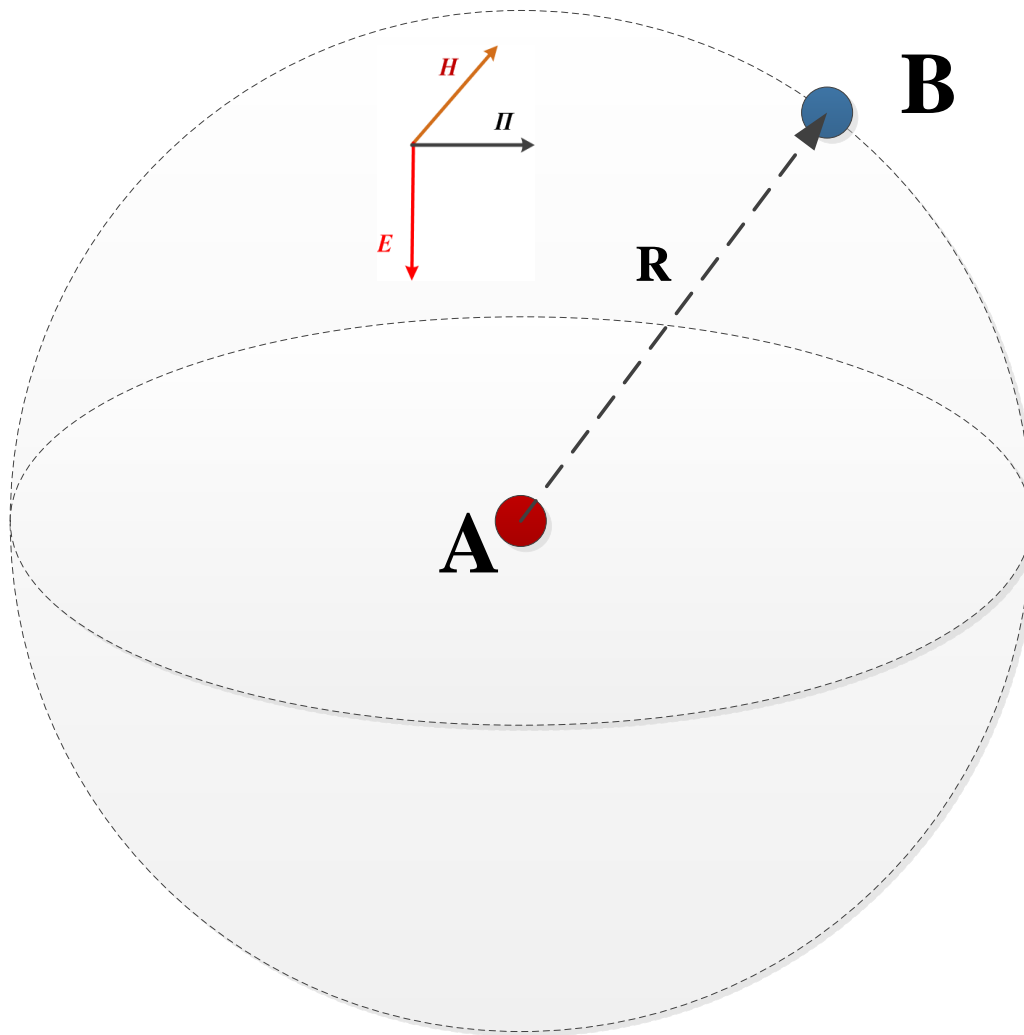
Тогда же предложил использование беспроводной связи министерству почты и телеграфа, но получил отказ.

2 июля 1897 получил патент и уже 20 июля создал и организовал крупное акционерное общество ("Маркони К<sup>о</sup>"). Для работы в своей фирме Маркони пригласил многих видных учёных и инженеров.

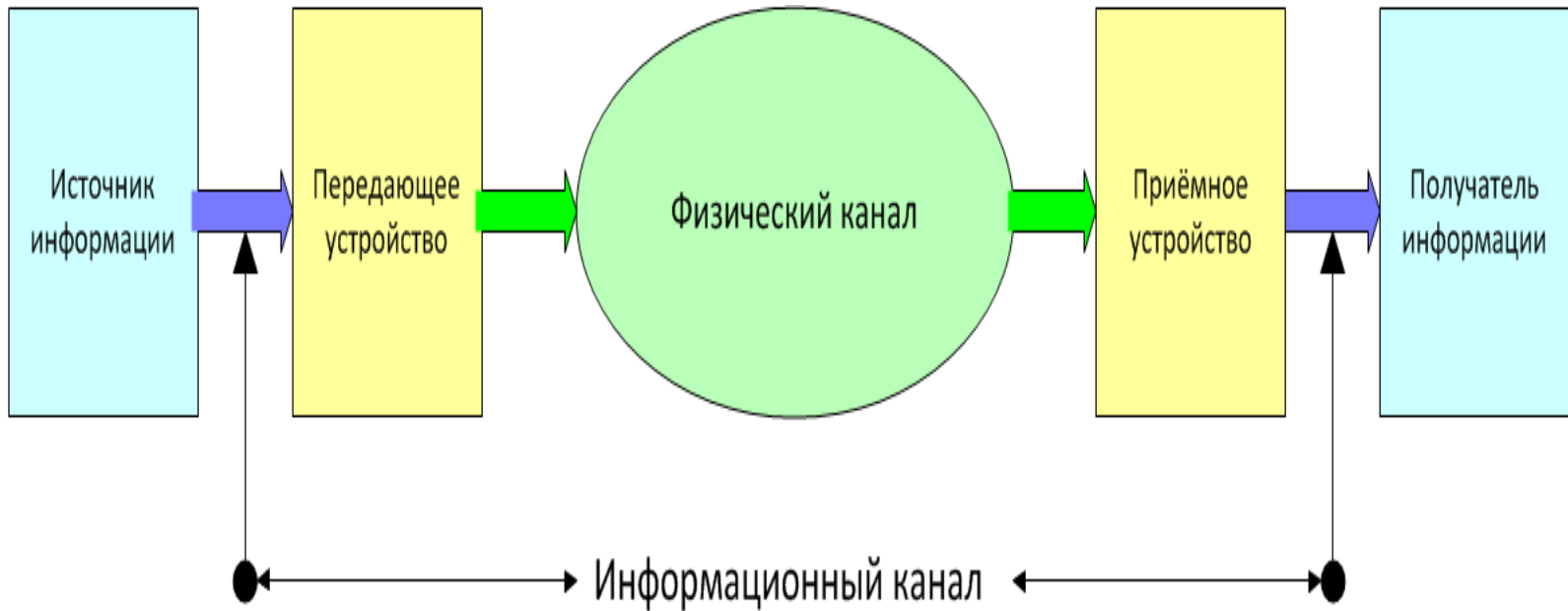
В декабре 1901 года организовать первую радиосвязь через Атлантический океан (передал букву S азбуки Морзе).

**Лауреат Нобелевской премии по физике за 1909 год.**

# Функциональная задача телекоммуникаций



# Общая структурная схема телекоммуникаций



# Хронология развития телекоммуникаций

<b>1901</b>	Изобретение радиотелефона (Р. Фессенден)
<b>1906</b>	Состоялась 1-я Международная административная конференция по радиосвязи (WARC), положившая начало всемирной координации радиочастот, регулированию электромагнитной совместимости и коммерческому использованию радиосвязи (Конференция WARC-1912 рассмотрела вопросы использования радиочастот в полосе до 3 МГц, WARC-1927 - до 30 МГц, WARC-1932 - до 60 МГц, ... WARC-1979 - до 275 ГГц)
<b>1920</b>	Рождение радиовещания
<b>1920</b>	Изобретение телевидения (В.К. Зворыкин)
<b>1921</b>	Первое практическое применение мобильной радиосвязи (однонаправленные каналы 2 МГц, полиция Детройта, шт. Мичиган, США)
<b>1933</b>	Изобретение FM-радио (Э. Армстронг)
<b>1945</b>	Первая сеть мобильной телефонной связи общего пользования (три двунаправленных канала 150 МГц, Сент-Луис, шт. Миссури, США)
<b>1948</b>	Изобретение транзистора (У. Шокли, У. Браттейн, Дж. Бардин)
<b>1949</b>	Начала работать первая в мире пейджинговая сеть (США)

# Хронология развития телекоммуникаций

<b>1957</b>	В СССР запущен первый искусственный спутник Земли и проведен первый сеанс радиосвязи "Космос - Земля"
<b>1965</b>	В СССР начала действовать первая система спутникового телевидения
<b>1969</b>	Начал работать первый фрагмент (4 узла) компьютерной сети ARPAnet, в 1983 году ставшей всемирной сетью Интернет (после перехода на протокол TCP/IP и систему имен доменов DNS)
<b>1971</b>	Создан первый в мире 4-битовый микропроцессор Intel 4004 (в начале 2001 года выпускается серийный 64-битовый микропроцессора Itanium)
<b>1972</b>	Первая сеть мобильной связи В-Netz начала работать в Германии, Австрии и Нидерландах (режимы автоматической коммутации, международного роуминга, сопряжения с ТфОП)
<b>1978</b>	Первая сотовая сеть AMPS начала работать в экспериментальном режиме (800 МГц, 2100 абонентов)
<b>1980</b>	Введена в эксплуатацию международная спутниковая сеть Inmarsat, обеспечивающая мобильную связь морских судов с береговыми станциями
<b>1981</b>	Вступила в действие скандинавская сотовая сеть NMT



# Хронология развития телекоммуникаций

<b>1989</b>	Изобретение технологии World Wide Web (Т. Бернес-Ли, Европейский ядерный центр CERN)
<b>1992</b>	Первая сеть GSM/ETSI вступила в действие в Германии (сеть D1-Netz, оператор T-Mobil)
<b>1992</b>	На конференции WARC-92 выделены на всемирной основе полосы частот в диапазоне 2 ГГц для мобильной связи 3-го поколения (программа IMT-2000 Международного союза электросвязи); новые полосы для 3G-сетей определены на WARC-2000 в мае 2000 года
<b>1991</b>	Вступила в действие первая сотовая сеть в СССР (технология NMT-450, оператор "Дельта-Телеком", Санкт-Петербург)
<b>1993</b>	Вступила в действие первая в России сеть AMPS (оператор "ВымпелКом", Москва)
<b>1994</b>	Вступила в действие первая в России сеть GSM (оператор "Мобильные ТелеСистемы", Москва)
<b>1995</b>	Вступила в действие первая сеть CDMA (технология IS-95, оператор Hutchison, Гонконг)
<b>1997</b>	Утвержден стандарт 802.11 (WiFi) первая модификация.
<b>1998</b>	Начала работать глобальная спутниковая сеть персональной мобильной связи Iridium
<b>1999</b>	Вступила в действие первая сеть мобильного Интернета (i-mode, Япония)
<b>2000</b>	Общее число абонентов сотовых сетей России превысило 3 миллиона человек

# **Цель освоения учебной дисциплины**

**1. Изучение принципов работы радиоэлектронных инфокоммуникационных средств**

## **Объем дисциплины**

**Учебная работа**

**Всего часов**

*Общая трудоемкость*

*144*

## Объем дисциплины

<b>Учебная работа</b>	<b>Всего часов</b>
<i>Общая трудоемкость</i>	<i>144</i>
<i>Аудиторные занятия</i>	<i>50</i>
лекции	20
лабораторные работы	14
практические занятия	16

## Объем дисциплины

Учебная работа	Всего часов
<i>Общая трудоемкость</i>	<i>144</i>
<i>Аудиторные занятия</i>	<i>50</i>
лекции	20
лабораторные работы	14
практические занятия	16
<i>Самостоятельная работа</i>	<i>58</i>
Подготовка к лабораторным работам	32
Подготовка к практическим занятиям	26
<b>Подготовка к экзамену</b>	<b>36</b>

*Спасибо за внимание.*