

СПбГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича

***Основы
радиоэлектроники
и связи***

2013 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.

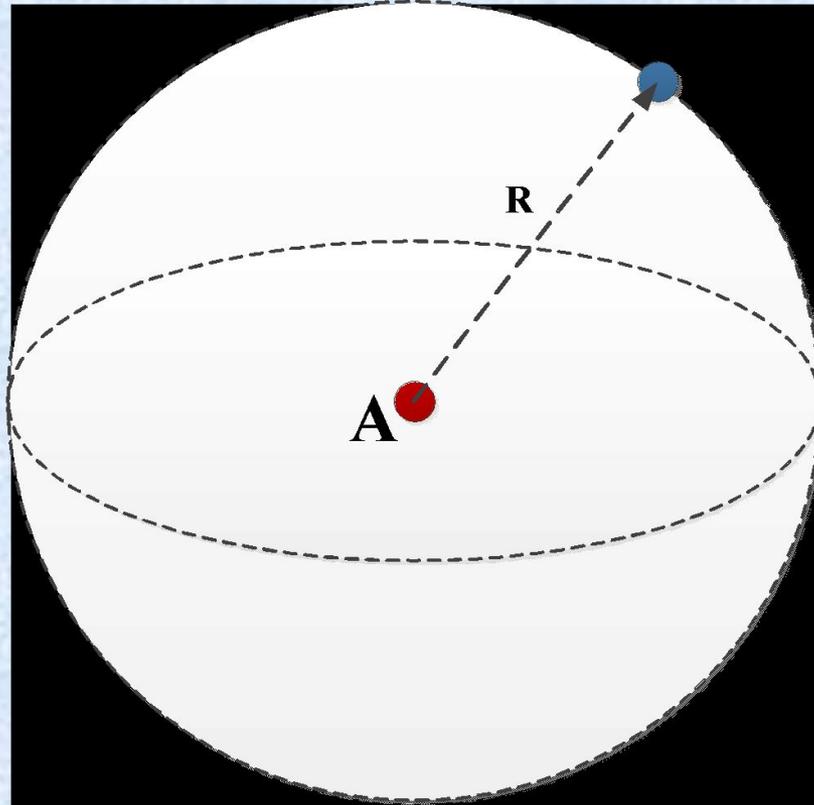
Радиоэлектроника в телекоммуникациях

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.

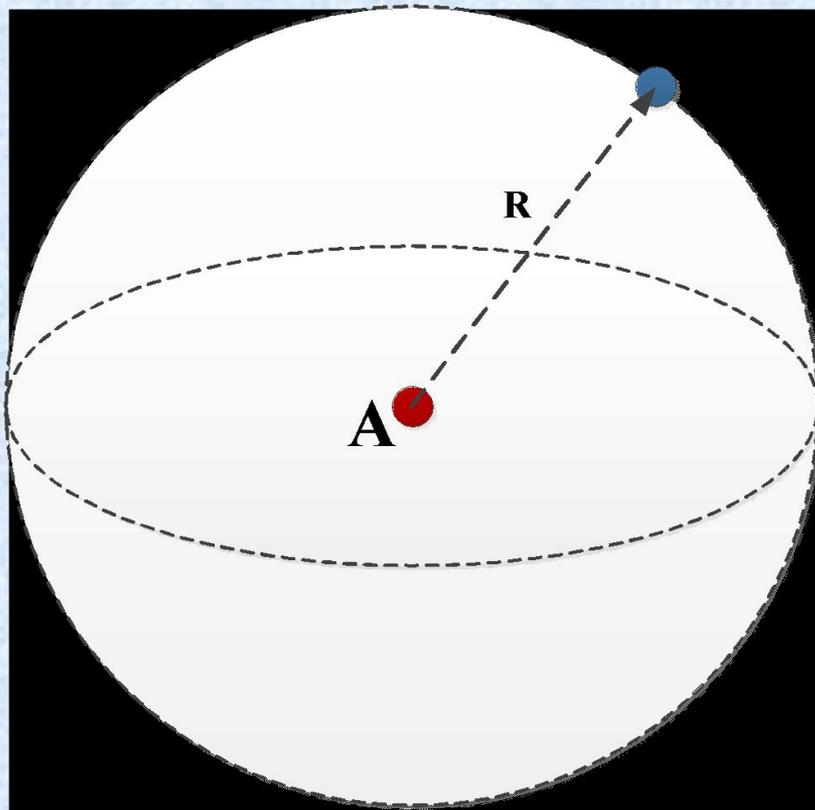
Электроника - область науки и техники, изучающая и использующая взаимодействие носителей заряда с **электромагнитными полями**; методы создания электронных приборов.

Функциональная задача телекоммуникаций



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

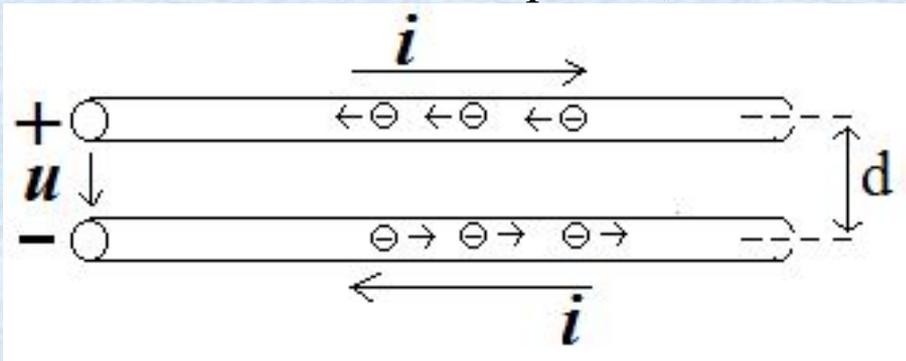
Функциональная задача телекоммуникаций



Передача сообщения в пространстве из точки А в точку В на расстояние R **за минимальное время**

Радиоэлектроника в телекоммуникациях

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



заряд $K \langle \rangle$;

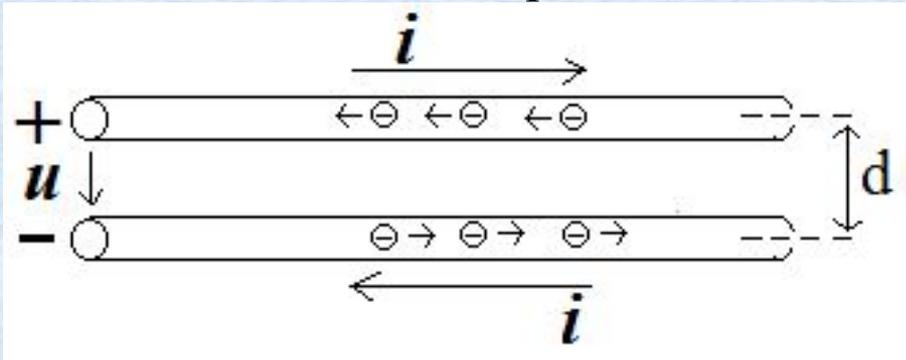
$$i = \frac{dq}{dt} \text{ A } \langle \rangle$$

Мощность - p ;

$$P \text{ m } u \cdot i \text{ B } \langle A \rangle = \langle \cdot \rangle$$

Радиоэлектроника в телекоммуникациях

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



заряд Q (C);

$$i = \frac{dq}{dt} \text{ A};$$

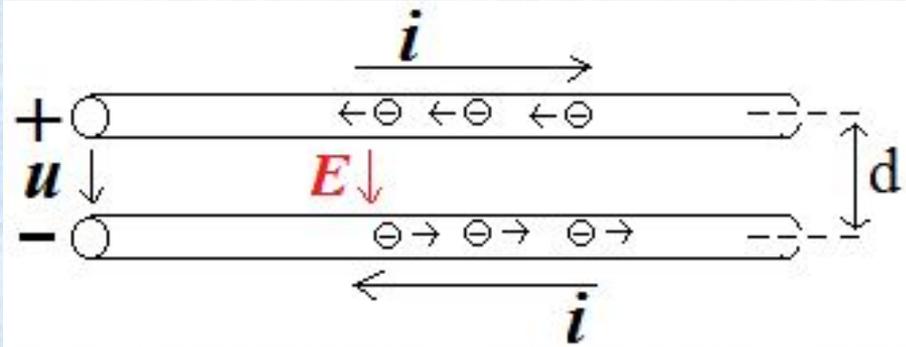
Мощность - P ;

$$P = u \cdot i \text{ W} \text{ (A)} = \text{ (} \cdot \text{)};$$

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

Радиоэлектроника в телекоммуникациях

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



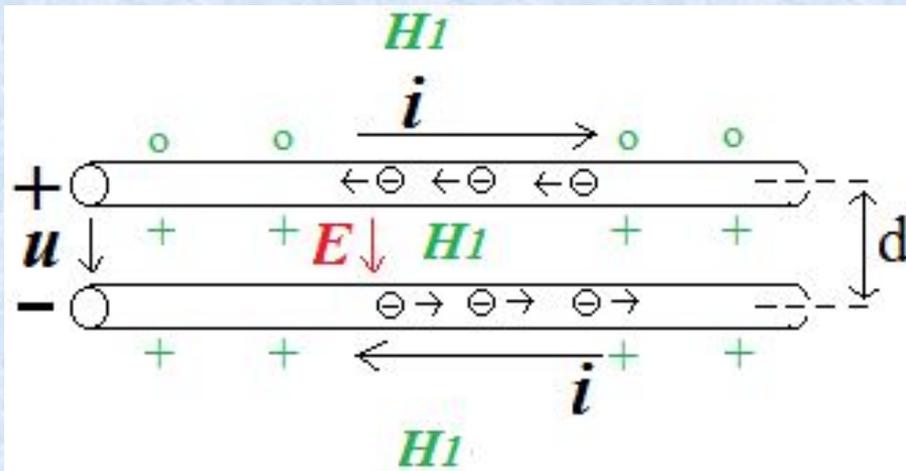
$$\text{заряд } K \langle \quad \rangle;$$

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

$$E = \frac{B}{dh} \langle \quad \rangle;$$

Радиоэлектроника в телекоммуникациях

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



$$\text{заряд} \quad K \langle \quad \rangle;$$

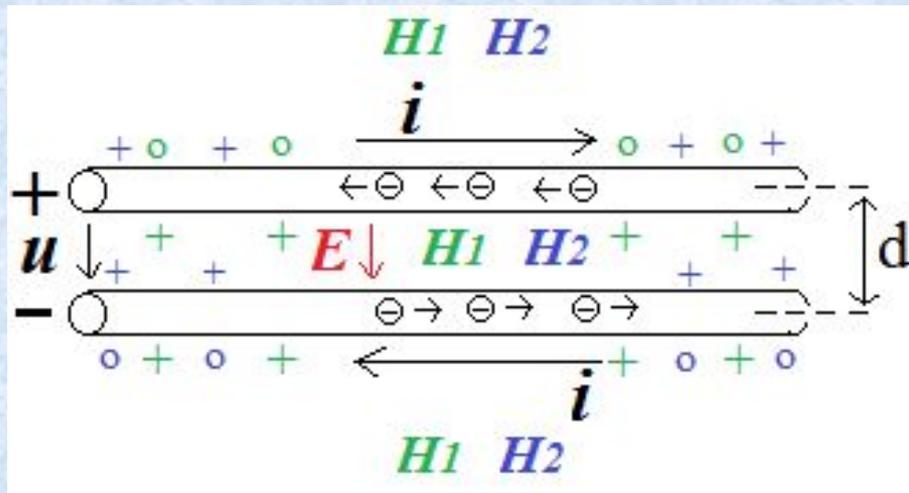
$$iA = \frac{dq}{dt} \langle \quad \rangle;$$

$$E = \frac{B}{\sin} \langle \quad \rangle;$$

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

Радиоэлектроника в телекоммуникациях

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



$$\text{заряд } K \langle \rangle;$$

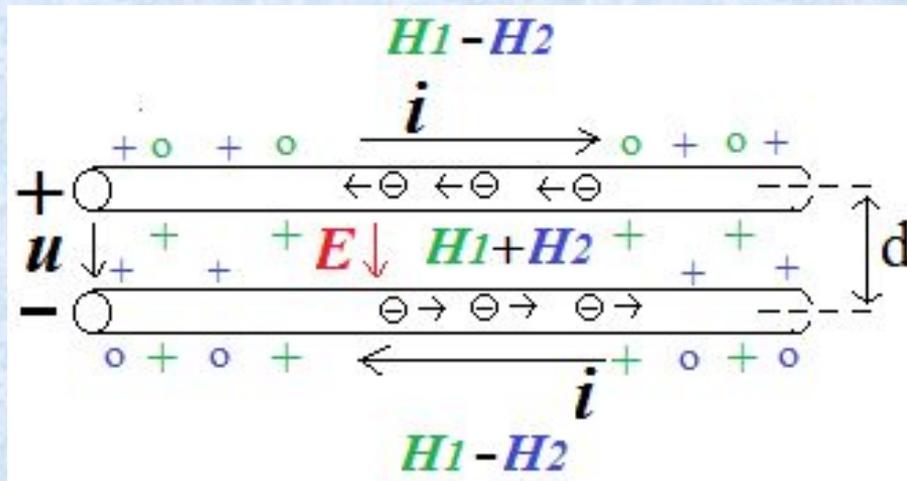
$$i = \frac{dq}{dt} \langle \rangle;$$

$$E = \frac{B}{\omega l} \langle - \rangle;$$

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

Радиоэлектроника в телекоммуникациях

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



$$\text{заряд} \quad K \langle \quad \rangle;$$

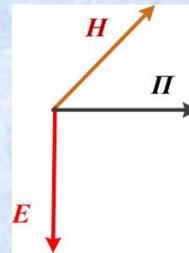
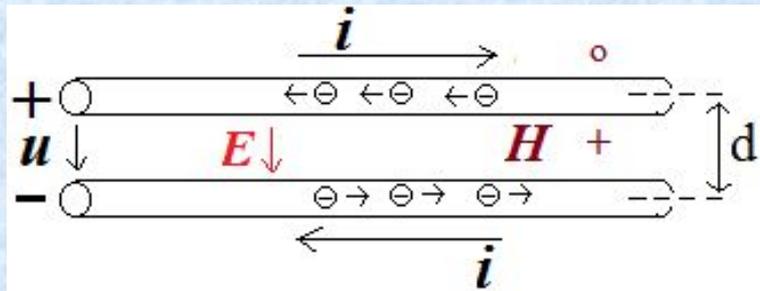
$$i = \frac{dq}{dt} \langle \quad \rangle;$$

$$E = \frac{B}{\omega t} \left\langle \quad \right\rangle;$$

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

Радиоэлектроника в телекоммуникациях

Электромагнитное колебание - взаимосвязанные колебания электрического (E) и магнитного (H) полей, составляющих единое электромагнитное поле. Скорость движения электромагнитного колебания в вакууме **299 792 458 м/с**.



Плотность мощности - Π ;

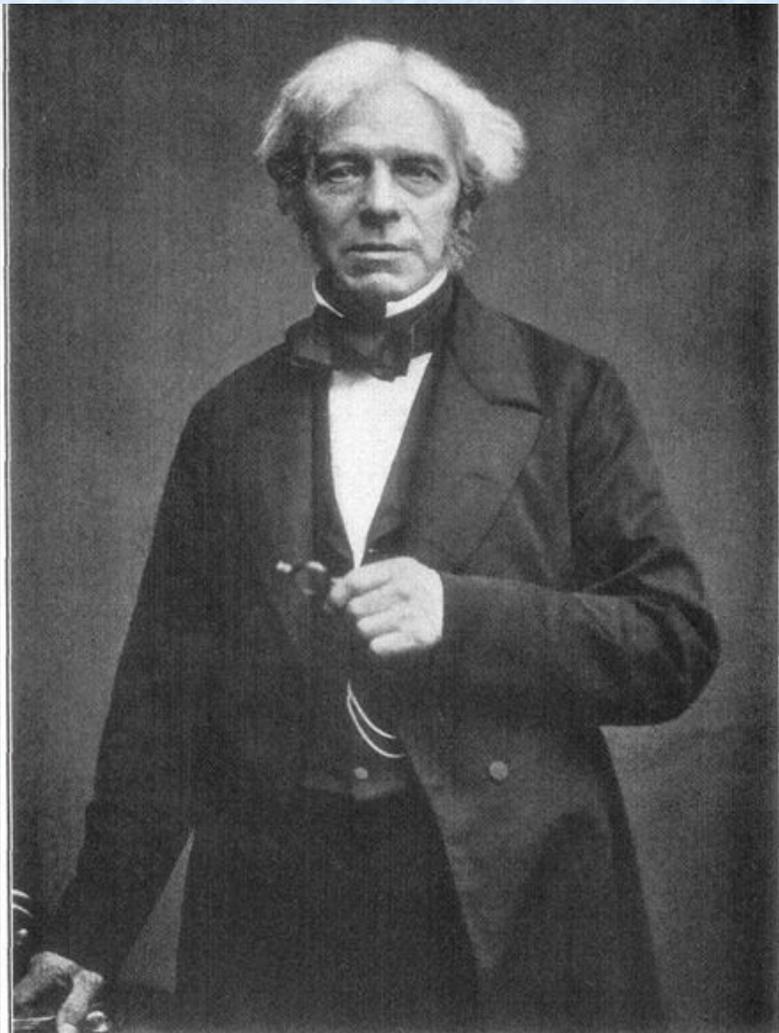
$$\Pi = E \times H \quad \left\langle \frac{Вт}{м^2} = \frac{В}{м} \cdot \frac{А}{м} \right\rangle;$$

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)

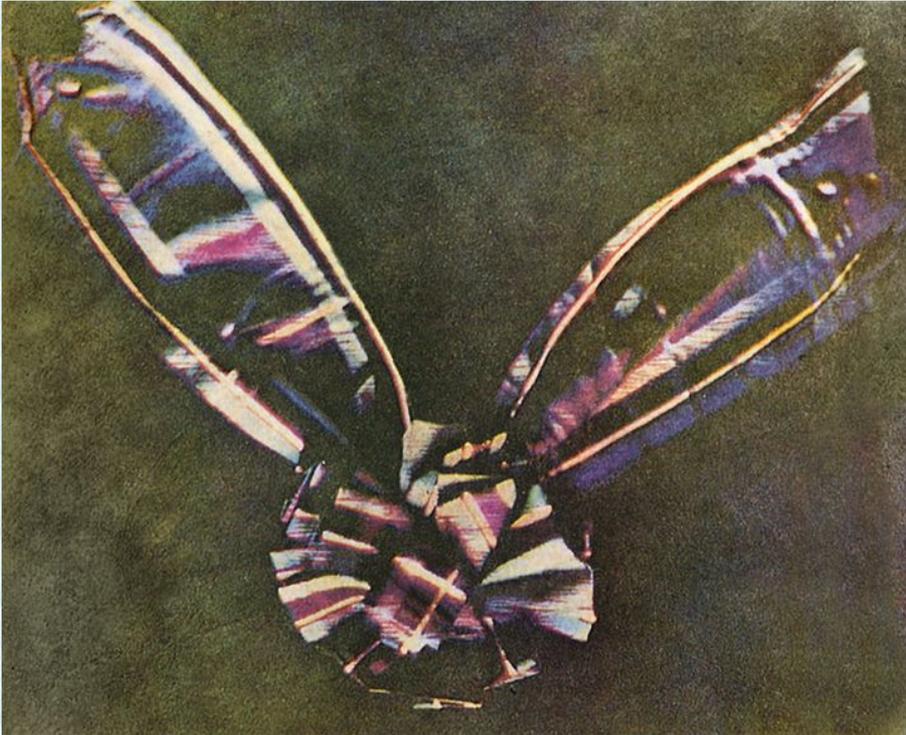


Максвелл заложил основы современной классической электродинамики (уравнения Максвелла), ввёл в физику понятия тока смещения и электромагнитного поля.

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.

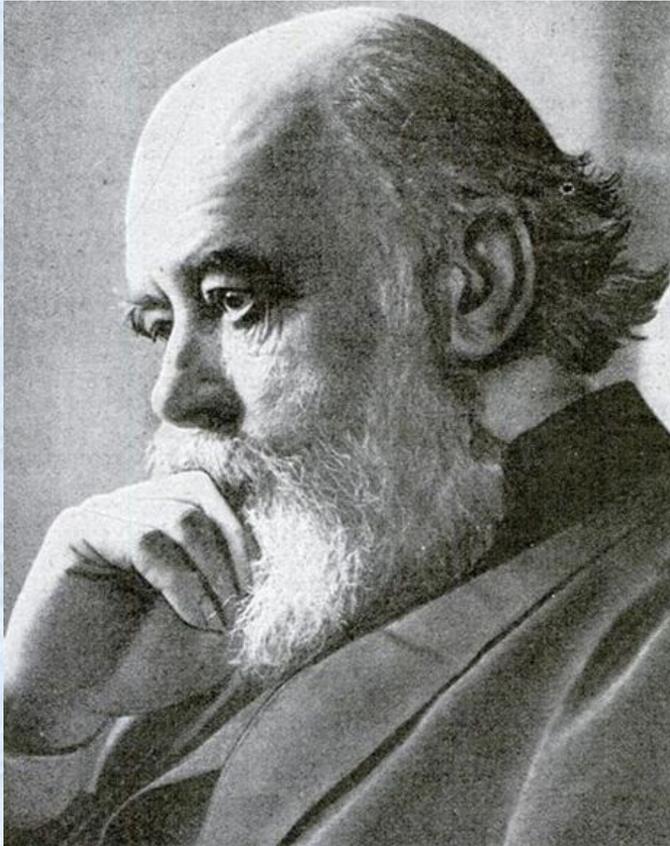
Герц пожал плечами, он был скромный человек, без претензий и амбиций: *«Я предполагаю — ничего».*



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.

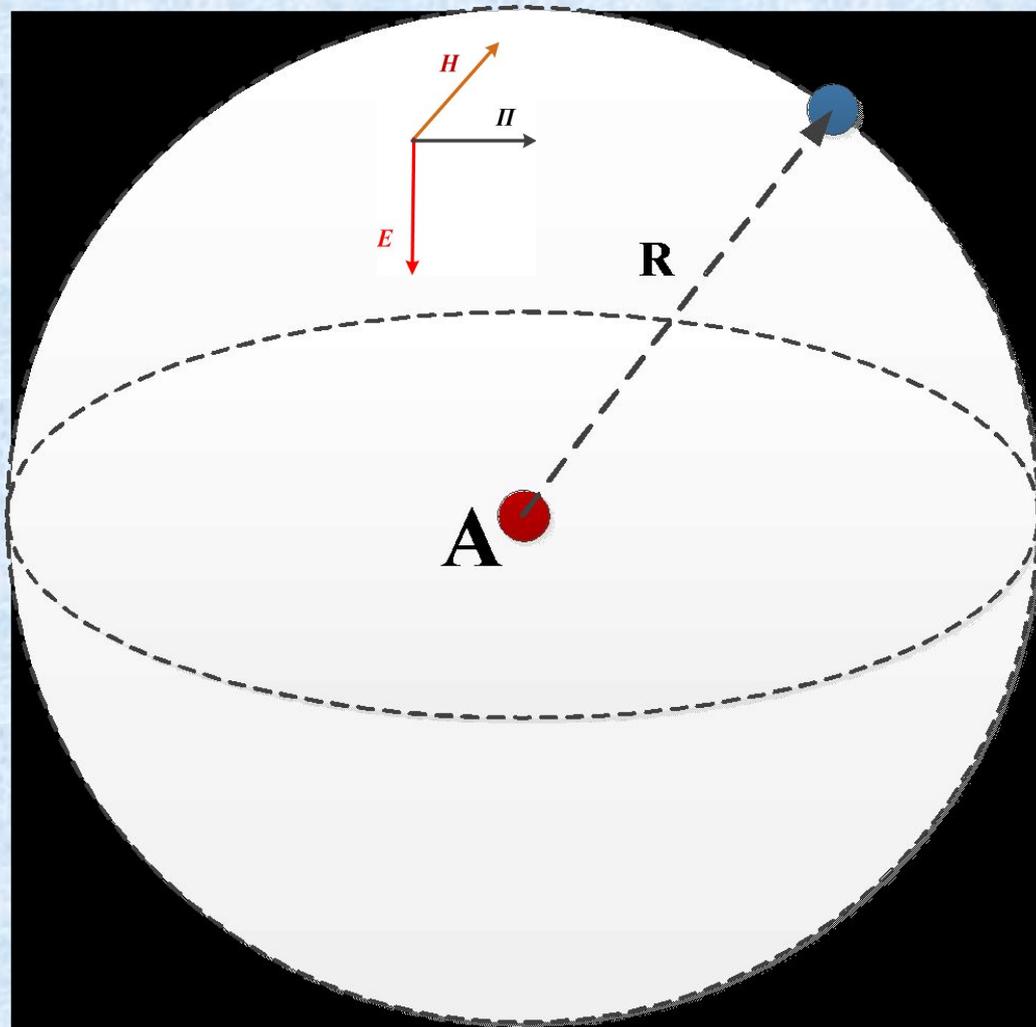
Тогда же предложил использование беспроводной связи министерству почты и телеграфа, но получил отказ.

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

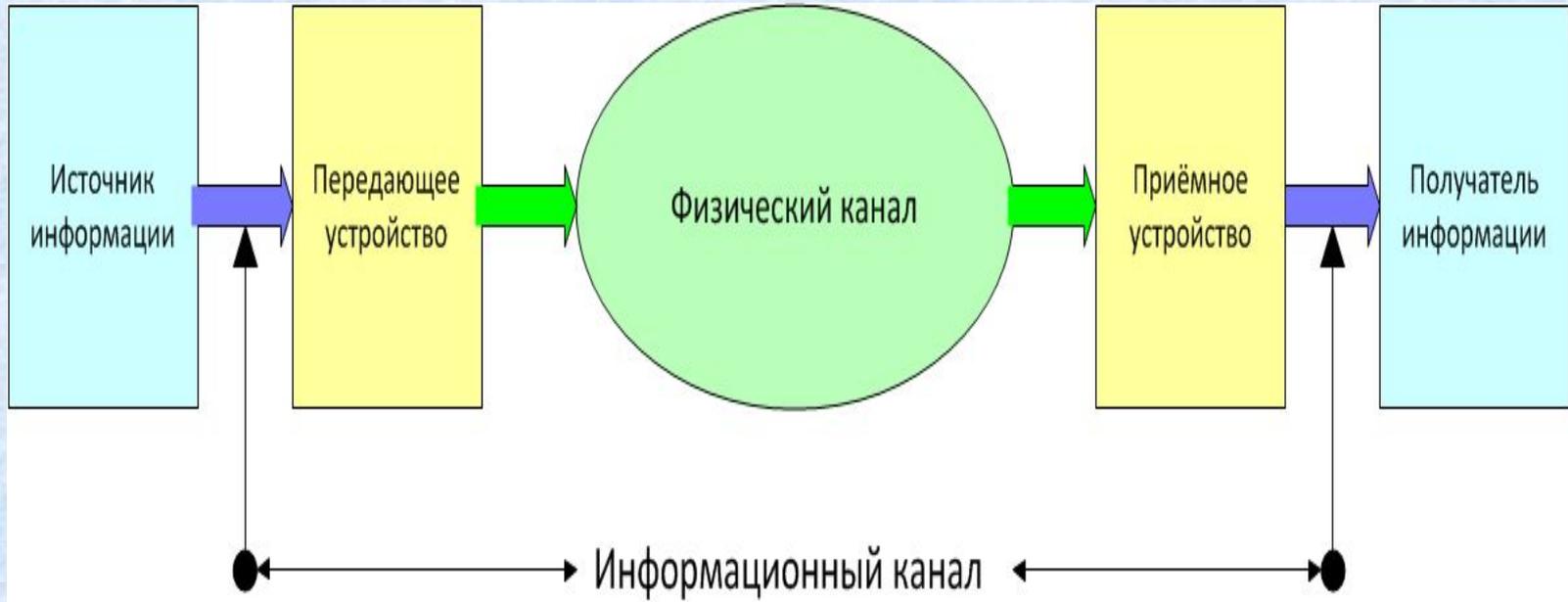
В декабре 1901 года организовать первую радиосвязь через Атлантический океан (передал букву S азбуки Морзе).

Лауреат Нобелевской премии по физике за 1909 год.

Функциональная задача телекоммуникаций



Общая структурная схема телекоммуникаций



Хронология развития телекоммуникаций

1901	Изобретение радиотелефона (Р. Фессенден)
1906	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)
1920	Рождение радиовещания
1920	Изобретение телевидения (В.К. Зворыкин)
1921	Первое практическое применение мобильной радиосвязи (однонаправленные каналы 2 МГц, полиция Детройта, шт. Мичиган, США)
1933	Изобретение FM-радио (Э. Армстронг)
1945	Первая сеть мобильной телефонной связи общего пользования (три двунаправленных канала 150 МГц, Сент-Луис, шт. Миссури, США)
1948	Изобретение транзистора (У. Шокли, У. Браттейн, Дж. Бардин)
1949	Начала работать первая в мире пейджинговая сеть (США)

Хронология развития телекоммуникаций

1957	В СССР запущен первый искусственный спутник Земли и проведен первый сеанс радиосвязи "Космос - Земля"
1965	В СССР начала действовать первая система спутникового телевидения
1969	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)
1971	Создан первый в мире 4-битовый микропроцессор Intel 4004 (в начале 2001 года выпускается серийный 64-битовый микропроцессора Itanium)
1972	Первая сеть мобильной связи В-Netz начала работать в Германии, Австрии и Нидерландах (режимы автоматической коммутации, международного роуминга, сопряжения с ТфОП)
1978	Первая сотовая сеть AMPS начала работать в экспериментальном режиме (800 МГц, 2100 абонентов)
1980	Введена в эксплуатацию международная спутниковая сеть Inmarsat, обеспечивающая мобильную связь морских судов с береговыми станциями
1981	Вступила в действие скандинавская сотовая сеть NMT

Хронология развития телекоммуникаций

1989	Изобретение технологии World Wide Web (Т. Бернес-Ли, Европейский ядерный центр CERN)
1992	Первая сеть GSM/ETSI вступила в действие в Германии (сеть D1-Netz, оператор T-Mobil)
1992	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
1991	Вступила в действие первая сотовая сеть в СССР (технология NMT-450, оператор "Дельта-Телеком", Санкт-Петербург)
1993	Вступила в действие первая в России сеть AMPS (оператор "ВымпелКом", Москва)
1994	Вступила в действие первая в России сеть GSM (оператор "Мобильные ТелеСистемы", Москва)
1995	Вступила в действие первая сеть CDMA (технология IS-95, оператор Hutchison, Гонконг)
1997	Вступила в действие первая в России опытная сеть CDMA (оператор "Южно-Уральский Сотовый Телефон", Челябинск)
1998	Начала работать глобальная спутниковая сеть персональной мобильной связи Iridium
1999	Вступила в действие первая сеть мобильного Интернета (i-mode, Япония)
2000	Общее число абонентов сотовых сетей России превысило 3 миллиона человек

Цель освоения учебной дисциплины

1. Изучение принципов работы радиоэлектронных и инфокоммуникационных средств

Объем дисциплины

Учебная работа	Всего часов
<i>Общая трудоемкость</i>	270

Объем дисциплины

Учебная работа	Всего часов
<i>Общая трудоемкость</i>	<i>270</i>
<i>Аудиторные занятия</i>	<i>138</i>
лекции	80
лабораторные работы	44
практические занятия	14
<i>Самостоятельная работа</i>	<i>102</i>
Подготовка к лабораторным работам	52
Подготовка к практическим занятиям	20
Курсовая работа	30

Объем дисциплины

Учебная работа	Всего часов
<i>Общая трудоемкость</i>	<i>270</i>
<i>Аудиторные занятия</i>	<i>138</i>
лекции	80
лабораторные работы	44
практические занятия	14
<i>Самостоятельная работа</i>	<i>102</i>
Подготовка к лабораторным работам	52
Подготовка к практическим занятиям	20
Курсовая работа	30
<i>Итоговый контроль</i>	Зачёт 5 сем Экзамен 6 сем

Спасибо за внимание.