

# ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

## ЭЛЕКТРОСТАТИКА



### НАПРЯЖЕННОСТЬ

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

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

$$\varphi = \frac{A}{q} = \frac{qEr}{q}$$

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{r}$$

### ПОТЕНЦИАЛ

**ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ**

$$F_1 = F_{12} + F_{21}$$

$$E_1 = E_1 + E_2$$

$$\varphi_A = -\varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3$$

$$U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B = \Delta\varphi_{[B]}$$

## ЗАКОН ОМА

для участка цепи:

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

$$U = I \cdot R$$

[A]

для полной цепи:

$$I = \frac{E}{R+r}$$

РЕЖИМ РАБОТЫ:  
ХХ:  $R \rightarrow \infty, I=0, U_{ab}=E$   
К3:  $R=0, I_{ab}=E/r, U_{ab}=0$   
РАБОЧИЙ РЕЖИМ -  
ключ «К» замкнут

## РАБОТА И МОЩНОСТЬ

$$A = IUt = I^2Rt = \frac{U^2}{R}t$$

$$P = \frac{A}{t} = IU = I^2R = \frac{U^2}{R}$$

$Q = I^2Rt$  . ЗАКОН ДЖОУЛЯ-ЛЕНЦА

## СОЕДИНЕНИЕ ПРОВОДНИКОВ

$$I = I_1 = I_2$$

$$U = U_1 + U_2$$

$$R = R_1 + R_2$$

$$U = U_1 = U_2$$

$$I_0 = I_1 + I_2$$

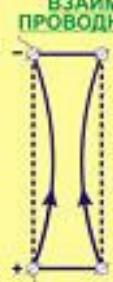
НАПРЯЖЕНИЕ  
ОДНО И ТО ЖЕ

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \rightarrow R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

# ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

## МАГНИТНОЕ ПОЛЕ ТОКА

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПРОВОДНИКОВ С ТОКОМ



ИНДУКЦИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

$$B = \frac{F}{I\Delta l} = \frac{F}{qv} = \frac{M}{IS}$$

ЗАКОН АМПЕРА

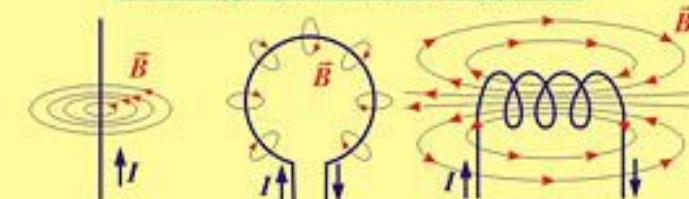
$$\Delta F = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I_1 I_2 \Delta l}{r}$$

$$\frac{\mu_0}{2\pi} = 2 \cdot 10^{-7} \text{ H/A}$$

ИНДУКЦИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ПРЯМОГО ПРОВОДНИКА С ТОКОМ

$$B = 2 \cdot 10^{-7} \frac{I}{r}$$

ЛИНИИ ИНДУКЦИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ТОКА



СИЛА АМПЕРА

$$F_A = BIA \sin \alpha$$

$$F_A = qvB \sin \alpha$$

## ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ

Электромагнитное поле – особая форма материи, осуществляющая взаимодействие между заряженными частицами. Оно существует реально, т.е. независимо от нас, от наших знаний о нем.

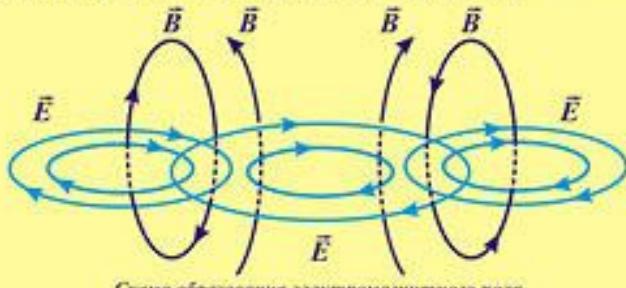
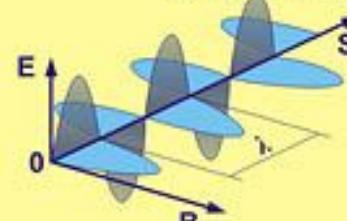


Схема образования электромагнитного поля

## ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ

Электромагнитная волна – процесс распространения переменных магнитного и электрического полей.

### СХЕМА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ВОЛНЫ



В каждой точке пространства электрические и магнитные поля изменяются периодически. Колебания векторов  $E$  и  $B$  в любой точке совпадают по фазе.

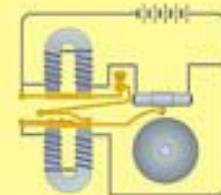
Длина волны  $\lambda$  – расстояние между двумя ближайшими точками, в которых колебания происходят в одинаковых фазах.

Скорость электромагнитных волн в вакууме равна 300 000 км/с, или

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

## ПРИНЦИПЫ РАДИОСВЯЗИ И ТЕЛЕВИДЕНИЯ

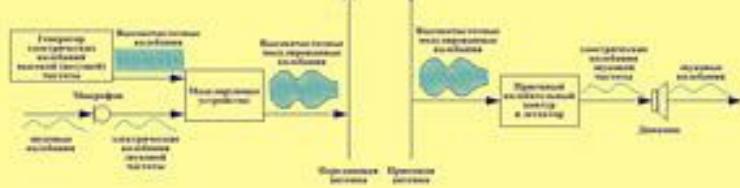
Передача и прием информации с помощью радиоволн называется радиосвязью.



### ПЕРЕДАЧА РАДИОВОЛН

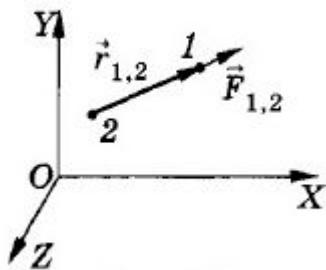


### СХЕМА РАДИОПРИЕМНОГО УСТРОЙСТВА





$$\vec{F}_{1,2} = k \frac{q_1 q_2}{r_{1,2}^3} \vec{r}_{1,2}.$$



$$dF_1 = dF_2 = dF = \frac{\mu_0 \mu_2 I_1 I_2}{4\pi R} dL$$

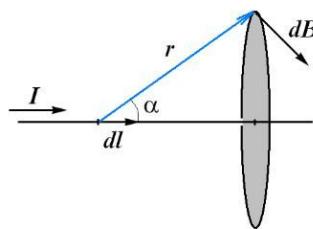
**Закон Био – Савара – Лапласа**

$$dB = \frac{\mu \mu_0 I [dl, r]}{4\pi r^3},$$

где  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  [Гн / м; Н/А<sup>2</sup>] – магнитная постоянная.

В скалярном виде:

$$dB = \frac{\mu \mu_0 I dl \sin \alpha}{4\pi r^2}.$$



$$dB = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \frac{I [dl, r]}{r^3} = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \frac{I \cdot dl \cdot \sin \alpha}{r^3}$$

Магнитное поле прямого тока

$$r = \frac{R}{\sin \alpha} \quad dl = \frac{rd\alpha}{\sin \alpha} \Rightarrow dB = \frac{\mu_0 \mu \cdot I}{4\pi R} \sin \alpha \, da$$

$$B = \int dB = \frac{\mu_0 \mu \cdot I}{4\pi R} \int_0^\pi \sin \alpha \, da = \frac{\mu_0 \mu \cdot 2I}{4\pi R}$$

Магнитное поле кругового проводника с током.

$$dB = \frac{\mu_0 \mu \cdot I}{4\pi R^2} dl \Rightarrow B = \int dB = \frac{\mu_0 \mu \cdot I}{4\pi R^2} \int dl = \frac{\mu_0 \mu \cdot I}{4\pi R^2} 2\pi R = \frac{\mu_0 \mu \cdot I}{2 R}$$

# Следствия электродинамики

Теоретические следствия	Расчёты излучения электромагнитных волн. Предсказание существования электромагнитных волн. Расчёты электрических цепей. Выяснение природы света и др.
Технические применения	Радиосвязь. Телевизионная связь. Получение, передача, и потребление электроэнергии. Оптические приборы и др.

## ОБЩИЕ СВОЙСТВА ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ

физическая природа  
всех излучений одинакова

все излучения распространяются  
в вакууме с одинаковой скоростью,  
равной скорости света

все излучения обнаруживают  
общие волновые свойства

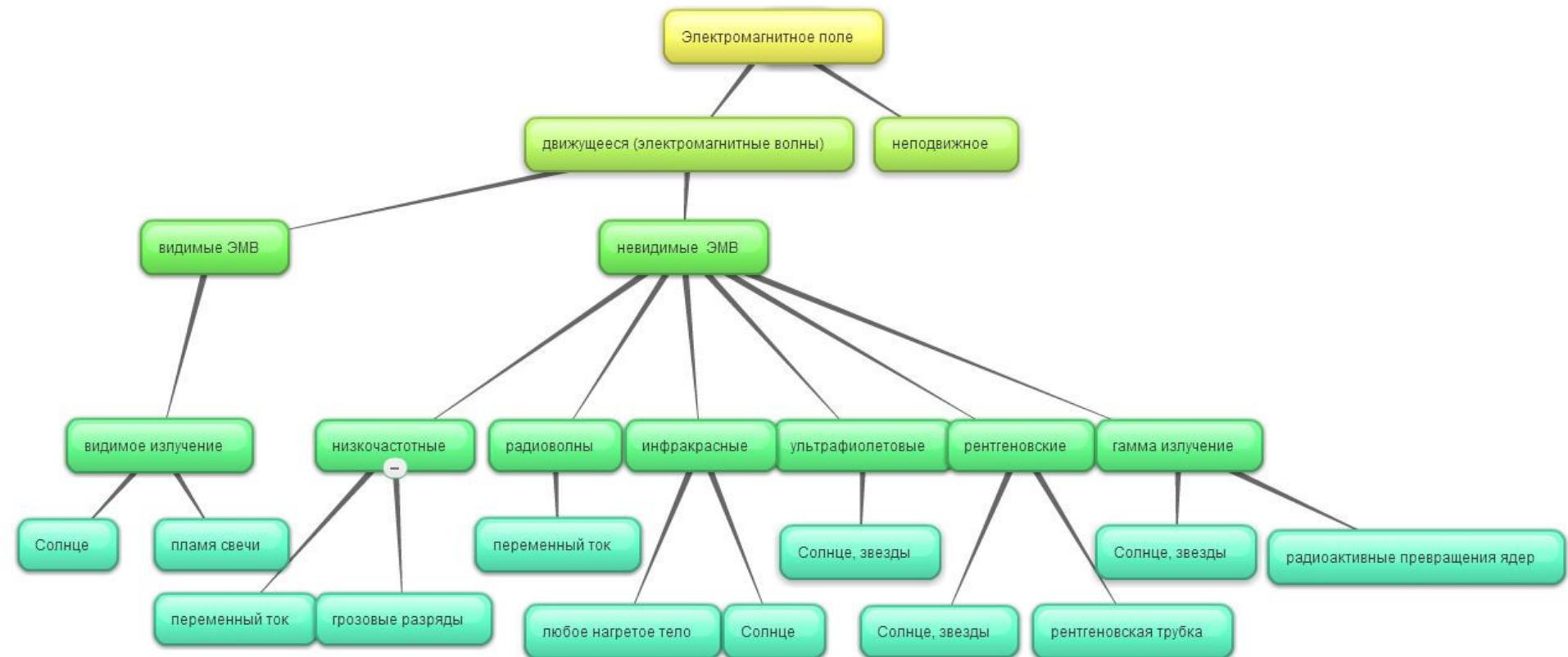
отражение

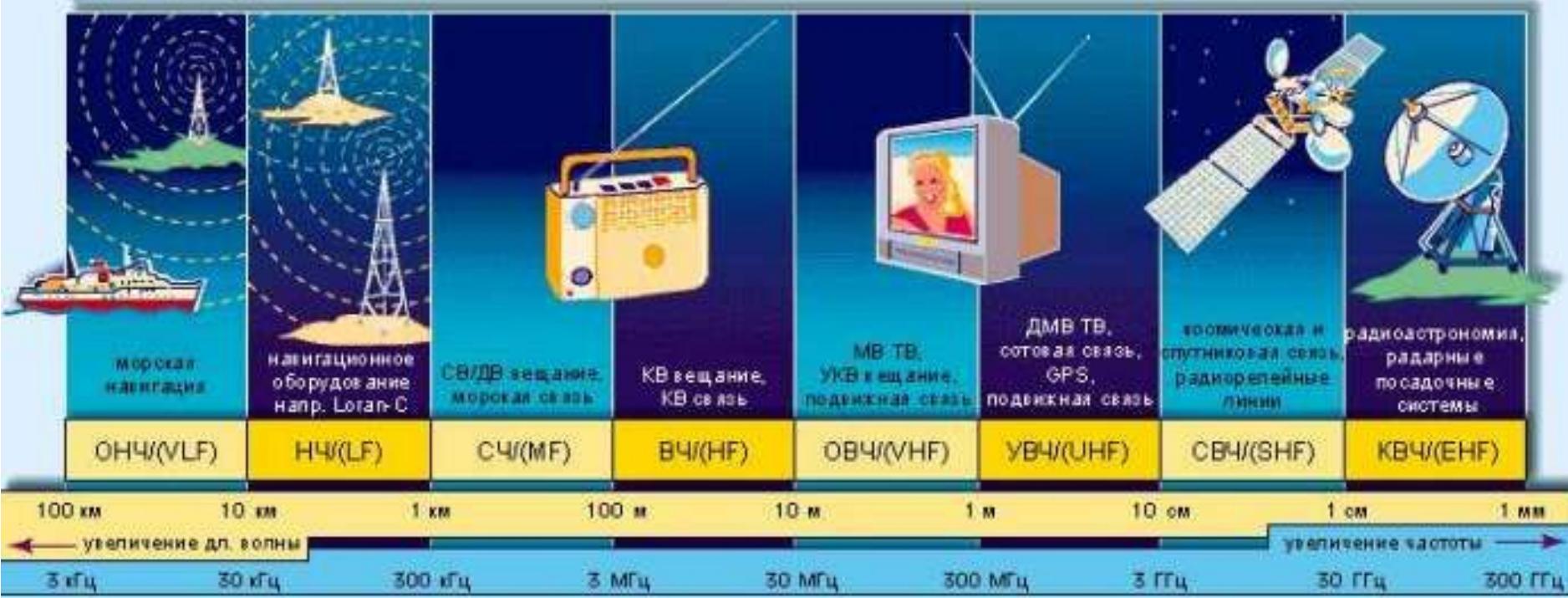
преломление

поляризация

интерференция

дифракция





Правило вычисления определителя  $\Delta_3$  равносильно правилу треугольников (правилу Саррюса), которое схематически можно записать как

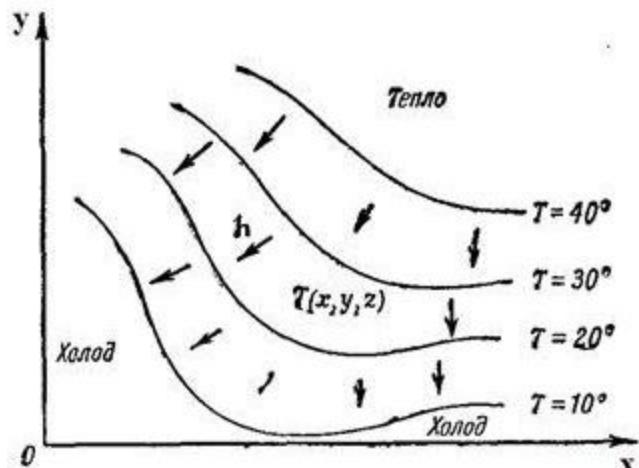


$$\Delta_3 = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} = a_{11}a_{22}a_{33} + a_{12}a_{23}a_{31} + a_{13}a_{21}a_{32} - a_{13}a_{22}a_{31} - a_{12}a_{21}a_{33} - a_{11}a_{23}a_{32}.$$

Если векторы  $\bar{a} = (a_1, a_2, a_3)$  и  $b = (b_1, b_2, b_3)$  заданы своими координатами, то векторное произведение находится по формуле:

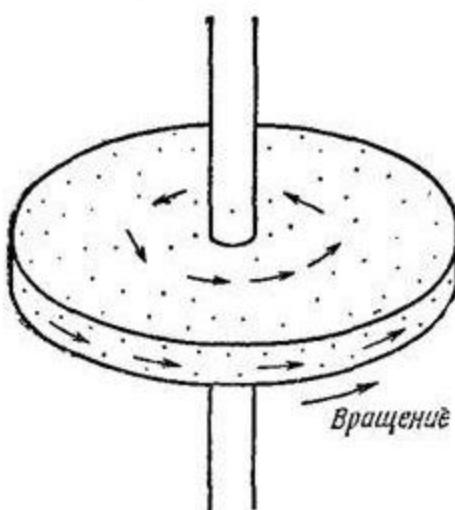
$$[\bar{a}, \bar{b}] = \begin{vmatrix} \bar{i} & \bar{j} & \bar{k} \\ a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \end{vmatrix}$$

## Скалярное поле



Температура  $T$  – это скалярное поле.  
На рисунке представлены изотермы –  
линии с равными температурами.  
Поток тепла от горячей точки к  
холодной (отмечено стрелками) – это  
векторное поле

## Векторное поле



Пример векторного поля –  
это скорость атомов во  
вращающемся теле. Каждый  
вектор привязан к  
конкретному атому и имеет  
разное направление при  
движении и разное  
местоположение

**Значения дивергенции и ротора  
векторного поля в выделенной области**

