

# Лекция №5. Формирование электромагнитной картины мира

Давыдов Виктор Николаевич  
проф. каф. современного  
естествознания и экологии  
ИНЖЭКОН

# **Эмпирическая база создания теории электромагнитных явлений**

# Закон Кулона

(Шарль Огюстен де Кулон 1736-1806 )



«Электрические силы  
ослабевают обратно  
пропорционально  
квадрату  
расстояния».

1780 г.

$$F = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2}$$

# Датский физик Ханс Кристиан Эрстед (1777-1851)

Электрический ток  
создает вокруг себя  
магнитное поле.  
1819 г.

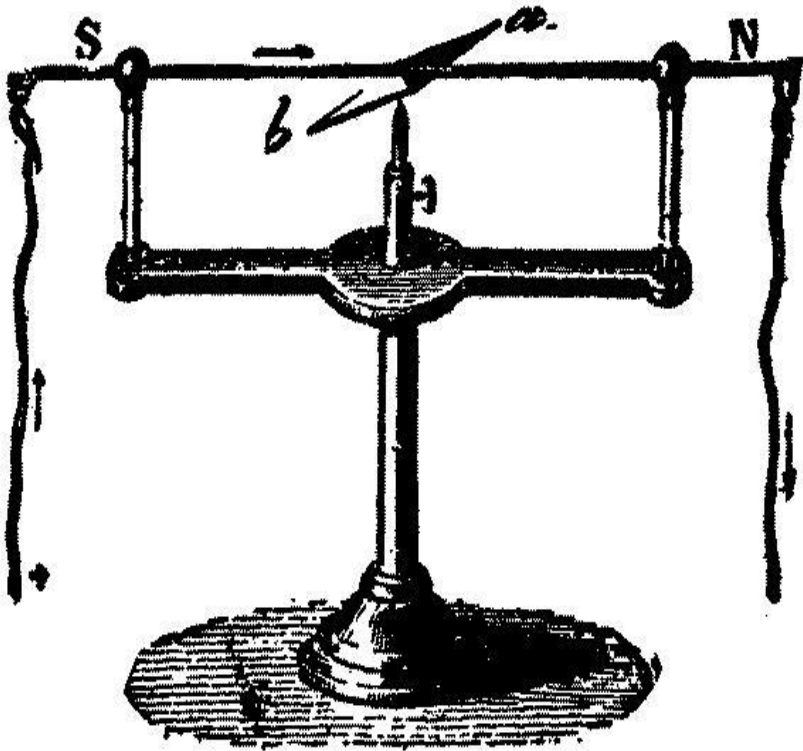


Fig. 251. OERSTEDT'S DISCOVERY.

# Андре Мари Ампер (1775 — 1836)

Построил первую теорию магнетизма, основанную на гипотезе молекулярных токов, согласно которой магнитные свойства вещества обусловлены электрическими токами, циркулирующими в молекулах.

Отрицал существование магнитных зарядов.

# **Континуальные и корпускулярные теории электромагнетизма (середина 19 в.)**

## **Полевая концепция строения материи Фарадея**

Все пространство занимает поле, а атомы лишь его сгустки.

Силовые линии поля – потоки или распространяющиеся колебания.

## **Корпускулярная теория немецкого физика Вильгельма Вебера (1804-1891)**

Электромагнитные явления – следствие движения корпускул электрических зарядов.

# Единая теория электрических и магнитных явлений

Английский физик Джеймс Клерк Максвелл (1831-1879), ученик Фарадея.

Сформулировал фундаментальные уравнения электродинамики, связывающие напряженность электрического и магнитного полей с распределенными в пространстве электрическими зарядами и токами.

Гипотеза о существовании электромагнитного поля и электромагнитных волн.

Книга: «Динамическая теория электромагнитного поля», 1864 г.

# Уравнения Максвелла

Связывают величины, характеризующие электромагнитное поле, с распределением в пространстве электрических зарядов и токов.

В пустоте электромагнитное поле характеризуется двумя векторными величинами:

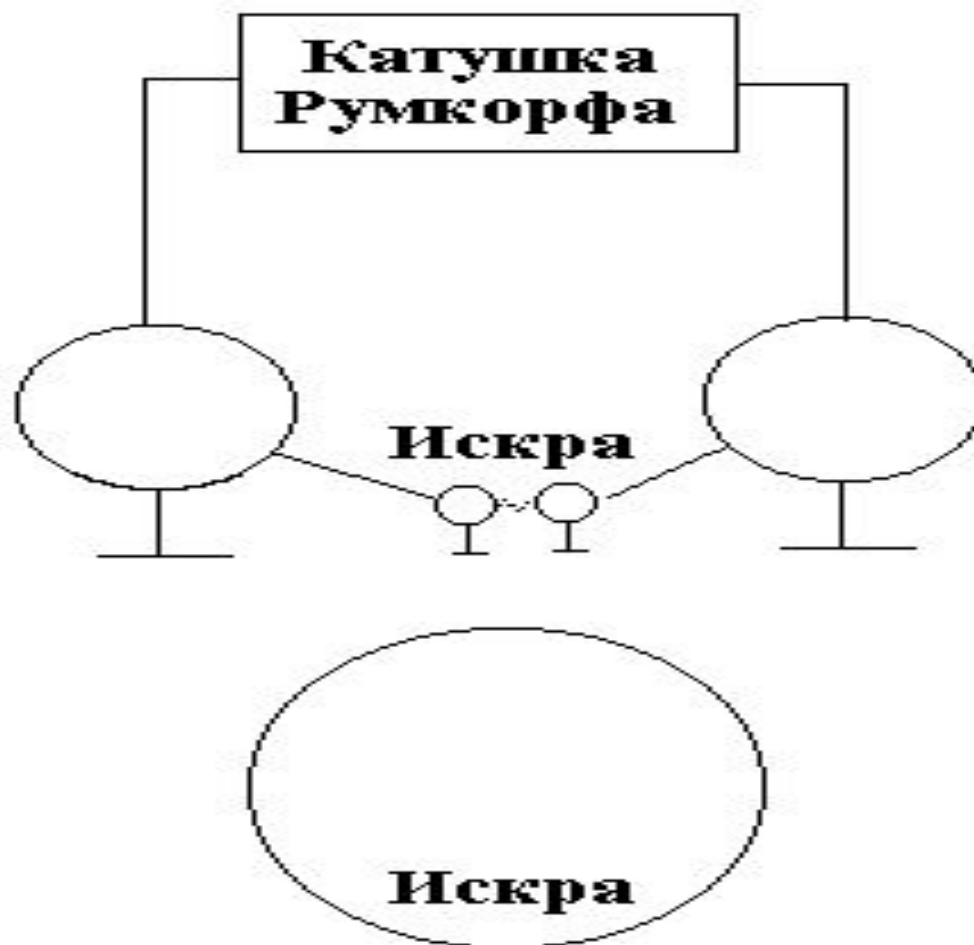
- 1) напряжённостью электрического поля  $E$  и
- 2) магнитной индукцией  $B$ .

Эти величины определяют силы, действующие со стороны поля на заряды и токи, распределение которых в пространстве задаётся плотностью заряда  $\rho$  (зарядом в единице объёма) и плотностью тока  $j$  (зарядом, переносимым в единицу времени через единичную площадку, перпендикулярную направлению движения зарядов).



# Экспериментальное подтверждение существования электромагнитных волн

Немецкий физик Генрих Герц (1857-1894), 1888 г.



**Гипотеза об общей природе  
электромагнитного излучения и света  
подтверждена**

Скорости света и электромагнитных волн  
одинаковы, 300000 км/с

## **Основные положения электромагнитной картины мира**

1. Электромагнитное поле – одна из форм существования материи;
2. Электромагнитное поле существует в виде электромагнитных волн;
3. Электромагнитные волны обладают энергией и импульсом.
4. Источник магнитного поля – электрический ток.
5. Электромагнитное взаимодействие обеспечивает устойчивость атомов и молекул.

# Последствия становления электромагнитной картины мира (конец 19 в)

1. Атомы перестали считать неделимыми частицами вещества. Началось развитие теории строения вещества;
2. На базе развития теории строения вещества разрабатывается теория строения органических соединений, органический синтез.
3. Развиваются химическая термодинамика и химическая кинетика.

## **Последствия становления электромагнитной картины мира (конец 19 в)**

4. Применение методов физики и химии в биологии. Чарльз Дарвин «Происхождение видов путем естественного отбора»).

5. Формирование представления о Вселенной как о бесконечной в пространстве и времени, стационарной системе.

**Вторая половина 19 века –  
завершение построения  
классического  
естествознания и  
возникновение первых  
противоречий**

# **1. В различных ситуациях свет проявляет или корпускулярные, или волновые свойства**

а) Представления о волновой природе света были обоснованы в классической электродинамике Максвелла.

б) Излучение нагретых тел, фотоэффект, закономерности строения спектров атомов металлов требовали для объяснения представления света состоящим из отдельных частиц.

## **2. Открытие рентгеновских лучей (1895 г.) и радиоактивности (1996 г.)**

а) Объяснение этих явлений с точки зрения классической науки отсутствовали;

б) При радиоактивном распаде было обнаружено «кажущееся» нарушение закона сохранения массы.

## **3. Факты, противоречащие представлению о стационарности Вселенной**

Разбегание галактик.



Опыт  
Майкельсона  
1881 г.



Движение Земли →  
в неподвижном эфире

$$t_{AB'} = t_{AB} + t_{BB'} \quad t_{B'A'} = t_{AB}$$

$$t_{B'A''} = t_{B'A'} - t_{A''A'} \quad t_{A''A'} = t_{AB} - t_{A''A}$$

$$t_{A''A'} < t_{BB'}$$

Отсюда:

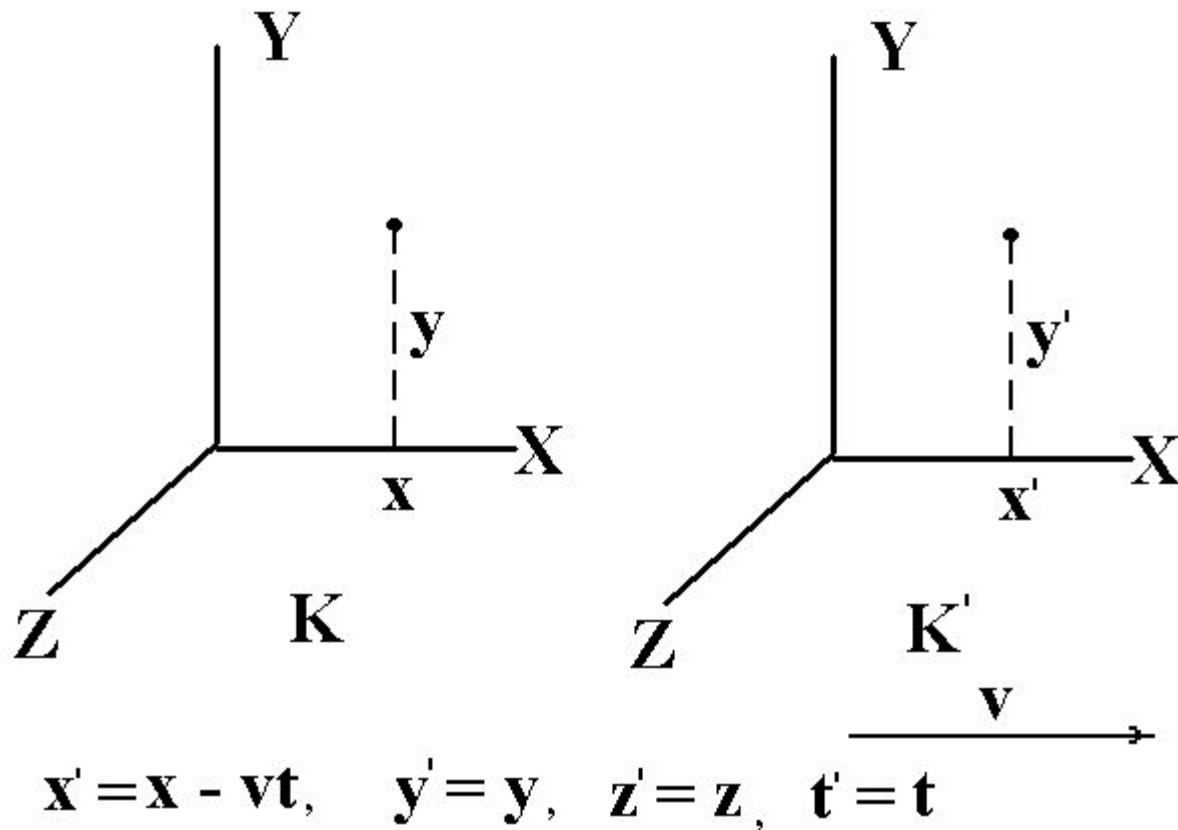
$$t_{AB'} + t_{B'A''} > 2 t_{AB}$$

# Принцип относительности Галилея и электромагнитные явления

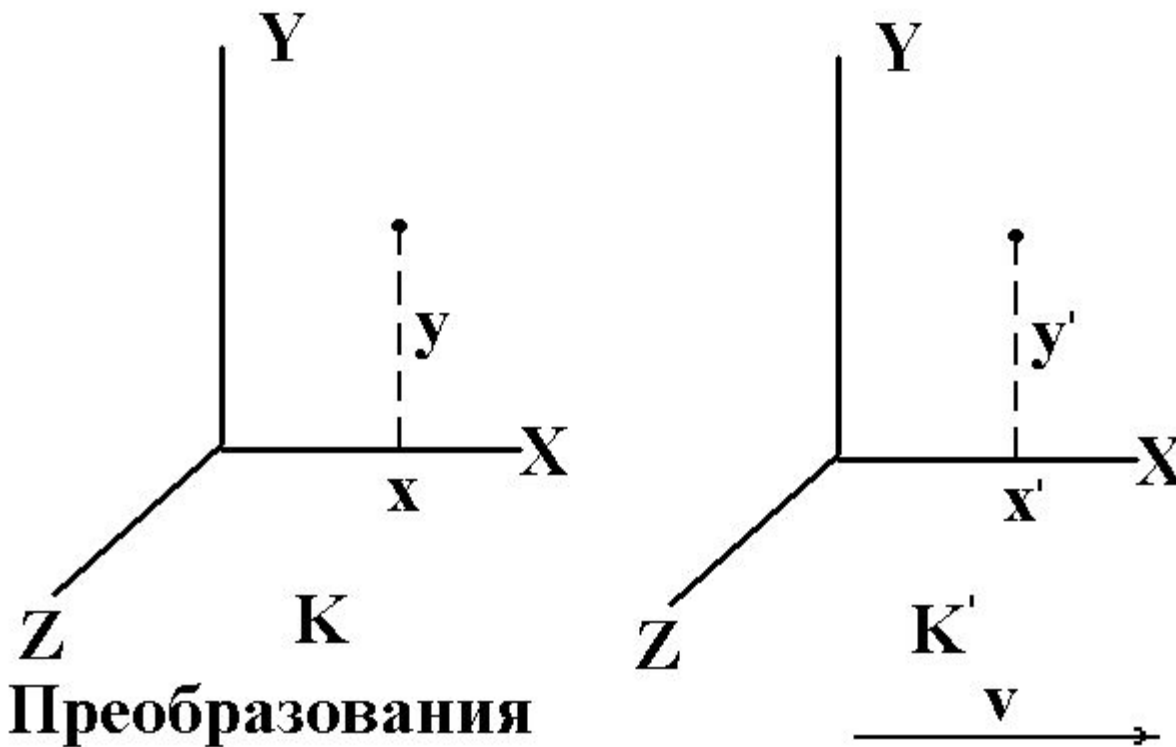
Законы физики одинаковы с точки зрения любого наблюдателя, движущегося относительно объекта наблюдения равномерно и прямолинейно.

Пусть электрический заряд покоится в системе координат  $x, y, z$ , он создает вокруг себя электрическое поле. Но для наблюдателя в системе  $x^1, y^1, z^1$  заряд движется и создает магнитное поле. Противоречие!

# Преобразования координат Галилея



**Лоренц Хендрик Антон (1853-1928),  
нидерландский физик**



**Преобразования  
координат:**

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}, \quad y' = y, \quad z' = z, \quad t' = \frac{t - vx/c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

# Специальная теория относительности (СТО)

Здравый смысл – это сумма предубеждений,  
приобретенных до восемнадцатилетнего возраста.

А. Эйнштейн

А. Эйнштейн, 1905 г. ( «К электродинамике движущихся тел» в немецком журнале «Анналы физики» ).

## Постулаты

1. Принцип относительности (Галилея) – любые физические процессы протекают одинаково в различных системах отсчета.
2. Принцип постоянства скорости света – скорость света в вакууме не зависит от скорости движения источника.

# Формулы преобразования Лоренца

Эйнштейн показал, что преобразования координат Лоренца отражают не реальное изменение геометрических размеров движущихся тел и промежутков времени, а изменение результатов измерений в зависимости от выбора системы отсчета. По Эйнштейну в движущейся системе размеры тел сокращаются, и время замедляется по отношению к неподвижному внешнему наблюдателю, а внутри самой системы все процессы протекают обычным образом.

# Следствия СТО

Объяснение релятивистских эффектов.

1. Зависимость длительности интервала времени между двумя событиями от выбора системы отсчета.

Покоящиеся пи-мезоны имеют среднее время жизни  $2,6 \cdot 10^{-8}$  с, а двигающиеся со скоростью  $0,75c$  живут  $3,9 \cdot 10^{-8}$  с.

## Формулы преобразований Лоренца

$$l = l_0 \sqrt{1 - v^2/c^2}$$

$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$



# Принцип соответствия

Старая теория – частный случай новой.

Механика Ньютона – частный случай  
специальной теории относительности.

Специальная теория относительности (СТО),  
раскрыв взаимосвязь пространства и времени  
между собой, не смогла ответить на вопросы о  
том, как связаны они с телами, находящимися в  
пространстве, и полями тяготения. Процесс  
поиска ответа на эти вопросы завершился  
построением общей теории относительности  
(ОТО).

# Темы коротких сообщений

1. История открытия лучей Рентгена.
2. Опыты Герца с электромагнитными волнами.
3. Кто изобрел радио? Российская, итальянская, американская версии.
4. История создания уравнений Максвелла.
5. История разработки систем мобильной связи.
6. Специальная теория относительности и парадокс близнецов.
7. Экспериментальные доказательства справедливости специальной и общей теорий относительности.
8. История создания квантовой механики.

**Благодарю за внимание!**

