

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.

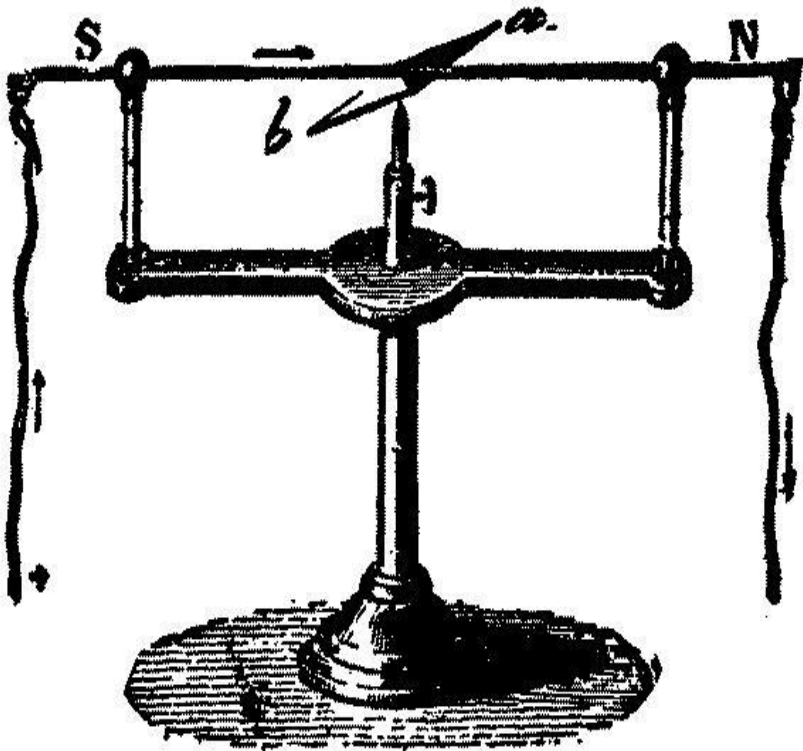


Fig. 251. OERSTEDT'S DISCOVERY.

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.

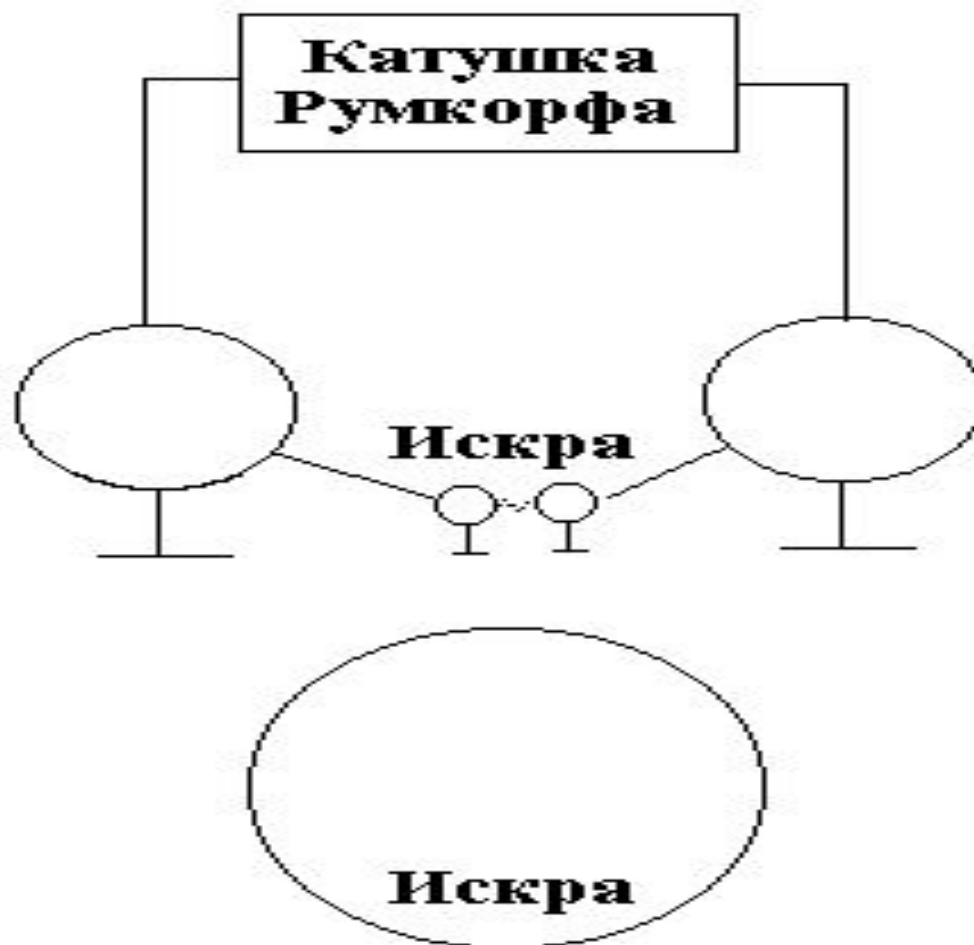
В пустоте электромагнитное поле характеризуется двумя векторными величинами:

- 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 ρ (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

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

$$t_{BA''} = t_{B'A'} - t_{AA''} = t_{AB} - t_{AA''}$$

$$t_{AA''} < t_{BB'}$$

Отсюда:

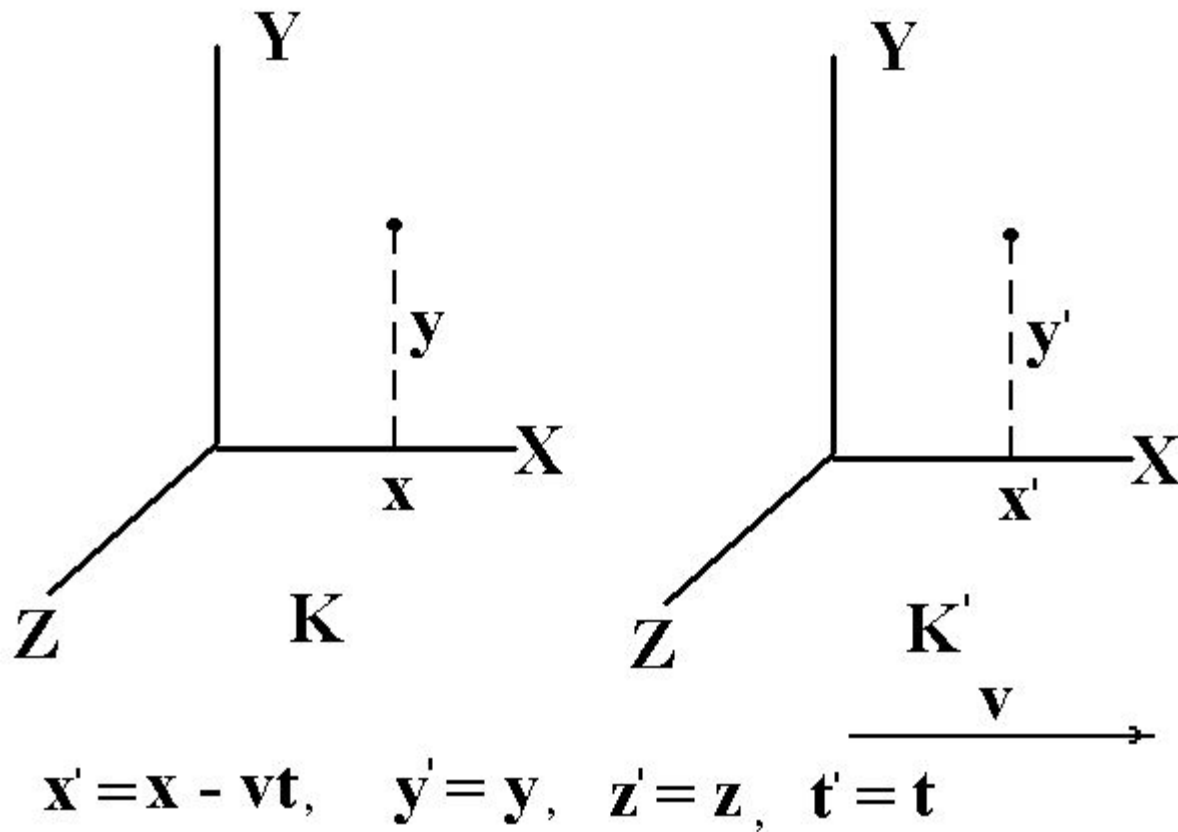
$$t_{AB'} + t_{BA''} > 2t_{AB}$$

Принцип относительности Галилея и электромагнитные явления

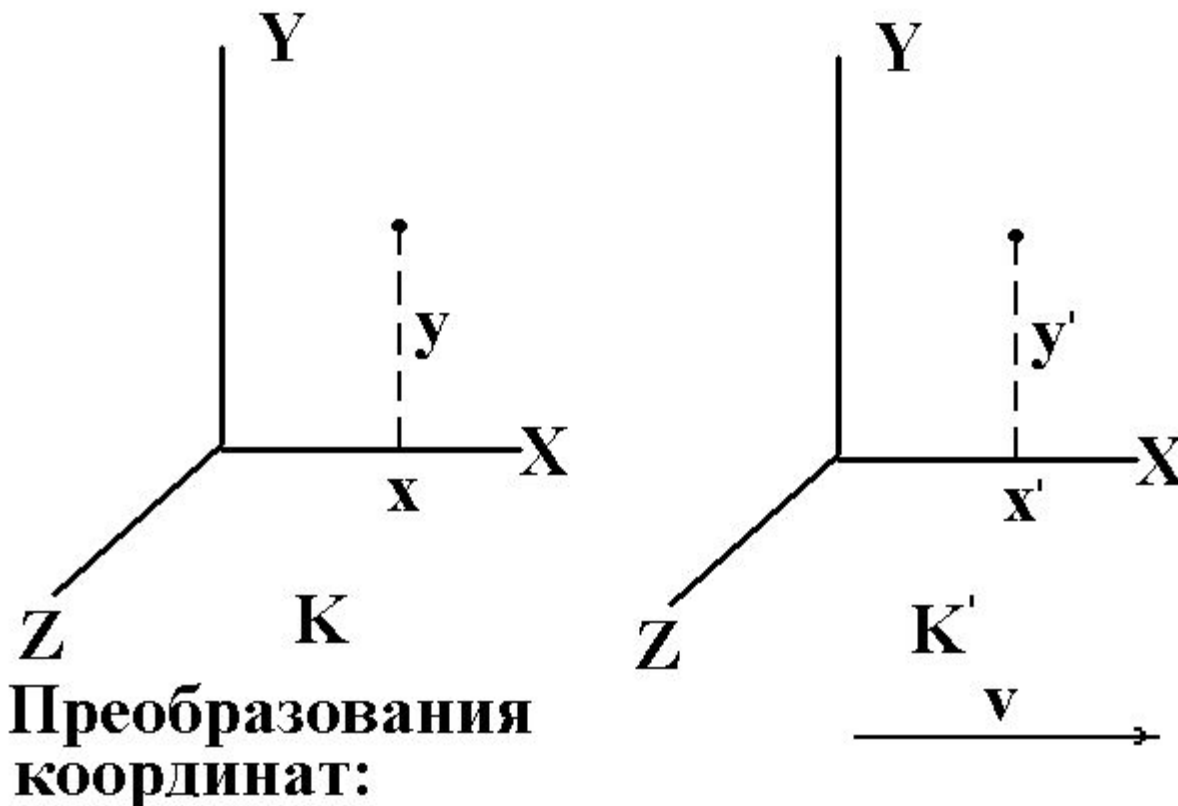
Законы физики одинаковы с точки зрения любого наблюдателя, движущегося относительно объекта наблюдения равномерно и прямолинейно.

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**



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

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!

