

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.

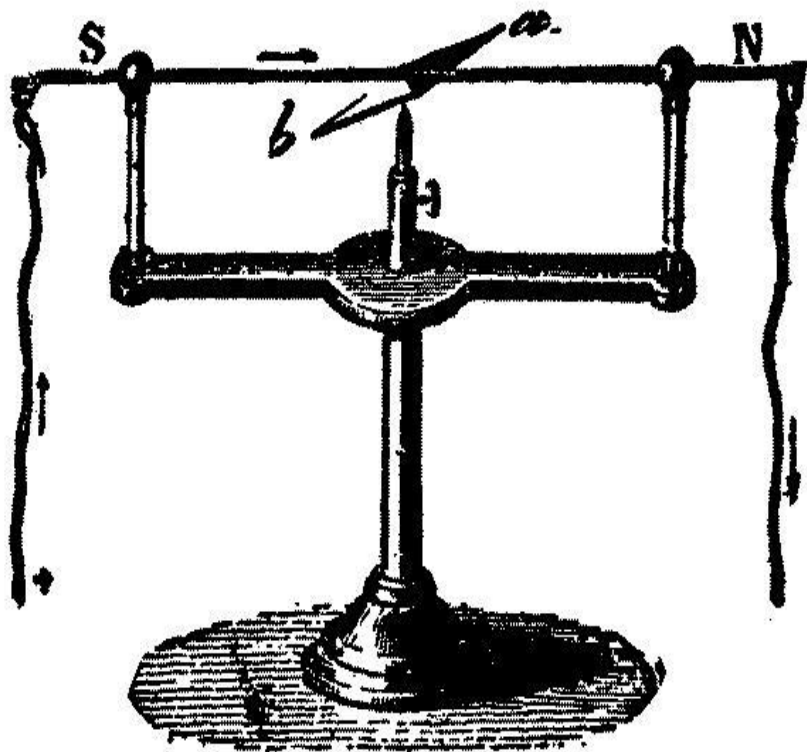


Fig. 251. OERSTEDT'S DISCOVERY.

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.

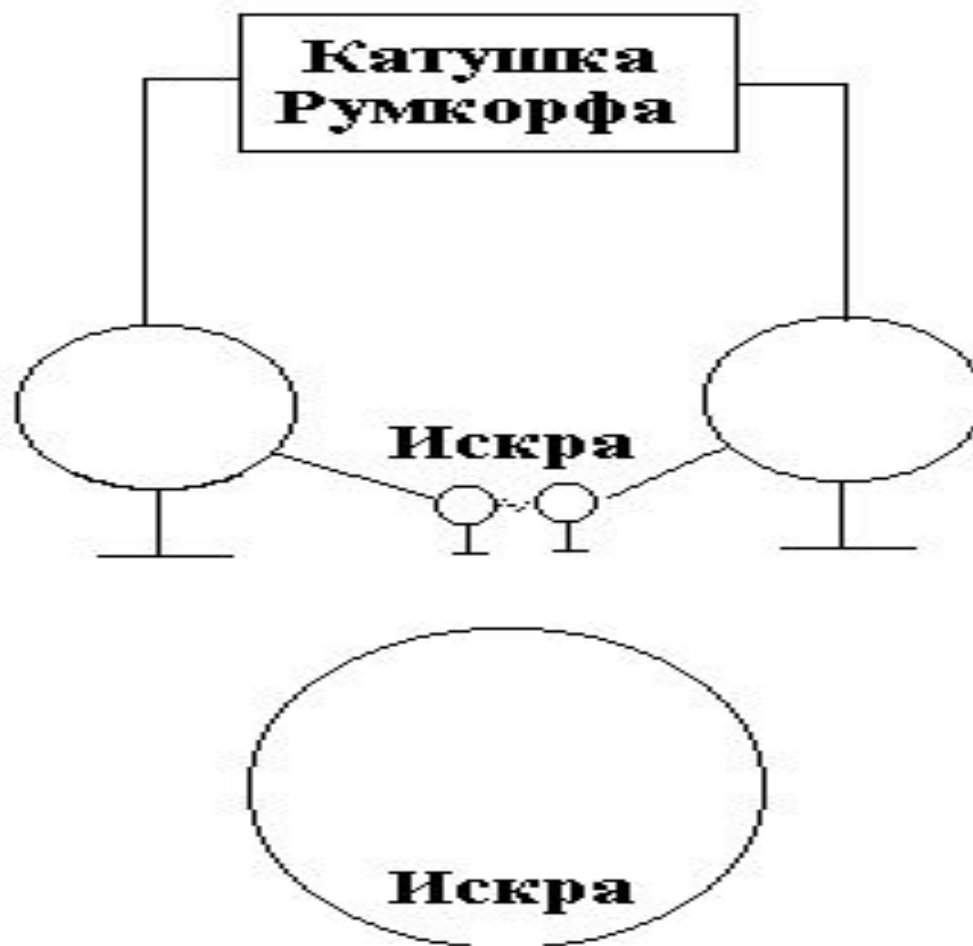
В пустоте электромагнитное поле характеризуется двумя векторными величинами:

- 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.)

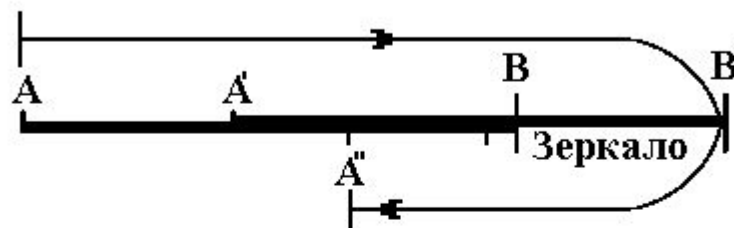
а) Объяснение этих явлений с точки зрения классической науки отсутствовали;

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

3. Факты, противоречащие представлению о стационарности Вселенной

Разбегание галактик.

Луч света


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

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

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

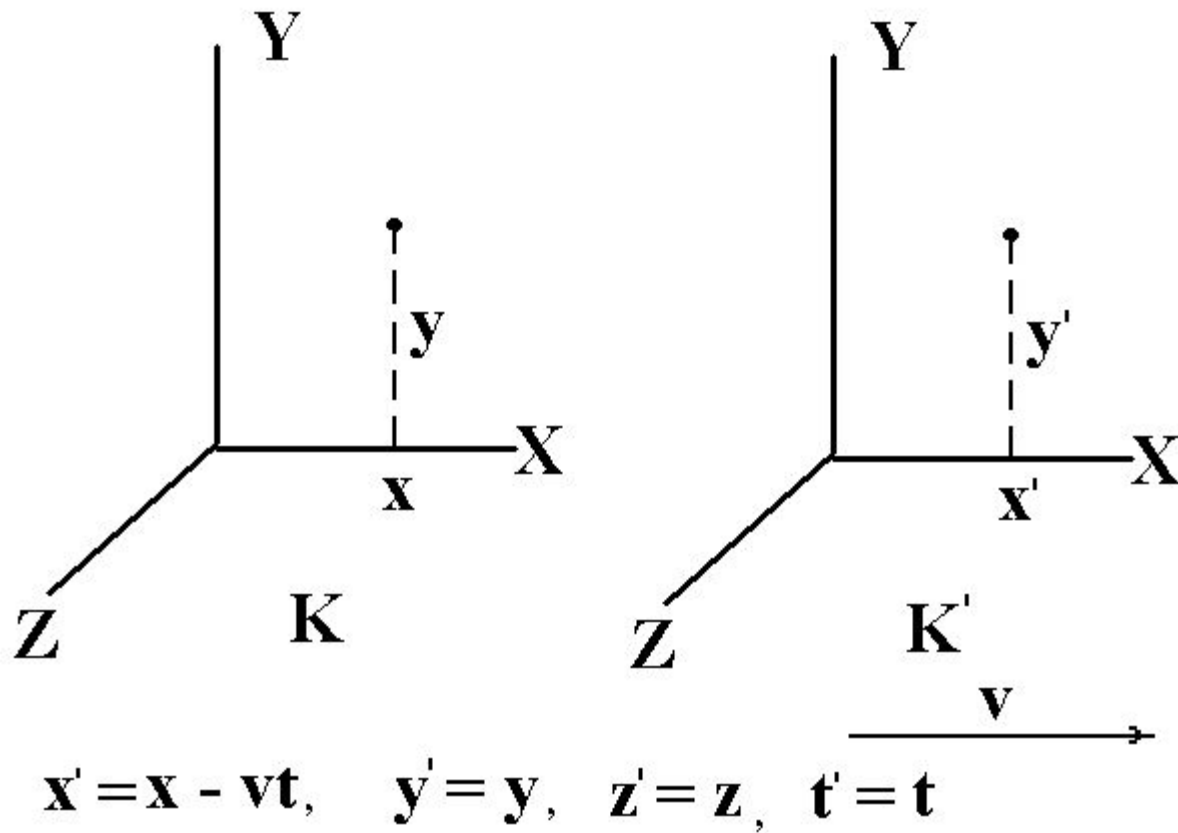
$$t_{AB'} + t_{B'A''} > 2 t_{AB}$$

Принцип относительности Галилея и электромагнитные явления

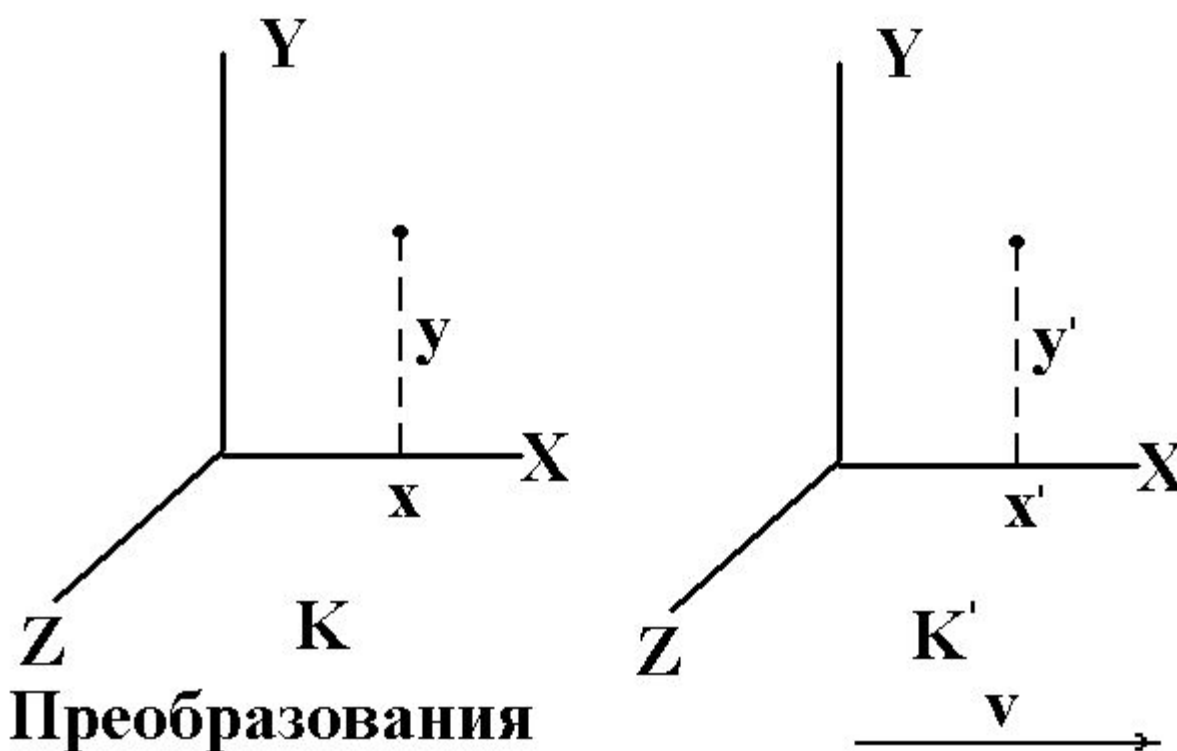
Законы физики одинаковы с точки зрения любого наблюдателя, движущегося относительно объекта наблюдения равномерно и прямолинейно.

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 0,75с 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!

