



# 12.2. Принцип относительности Эйнштейна

*В 1905 г. в журнале «Анналы физики» вышла знаменитая статья А. Эйнштейна «К электродинамике движущихся тел», в которой была изложена специальная теория относительности (СТО).*

Потом было много статей и книг, поясняющих, разъясняющих, интерпретирующих эту теорию.

Принцип относительности Эйнштейна представляет собой фундаментальный физический закон, согласно которому любой процесс протекает одинаково в изолированной материальной системе находящейся в состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения. Иначе говоря, законы физики имеют одинаковую форму (инвариантны) во всех инерциальных системах отсчета.

В основе СТО лежат *два постулата Эйнштейна*

*1. Все законы природы одинаковы во всех инерциальных системах отсчета.*

*Инвариантность* – неизменность вида уравнения при переходе из одной системы отсчета в другую (при замене координат и времени одной системы – другими).

*2. Скорость света в пустоте одинакова во всех инерциальных системах отсчета и не зависит от скорости источника и приемника света.*

Все как-то пытались объяснить отрицательный результат опыта Майкельсона-Морли, а Эйнштейн – постулировал это, как закон.

В первом постулате главное, что время тоже относительно – такой же параметр, как и скорость, импульс, и т.д.

Второй – возводит отрицательный результат опыта Майкельсона-Морли – в ранг закона природы:

$$c = \text{const}$$

Специальная теория относительности представляет физическую теорию, изучающую пространственно-временные закономерности, справедливые для любых физических процессов, когда можно пренебречь действием тяготения.

## 12.3. Преобразования Лоренца

Формулы преобразования при переходе из одной инерциальной системы в другую с учетом постулатов Эйнштейна предложил Лоренц в 1904 г.



**Лоренц Хендрик Антон (1853 – 1928)** – нидерландский физик-теоретик, создатель классической электронной теории на основе электромагнитной теории Максвелла-Герца.

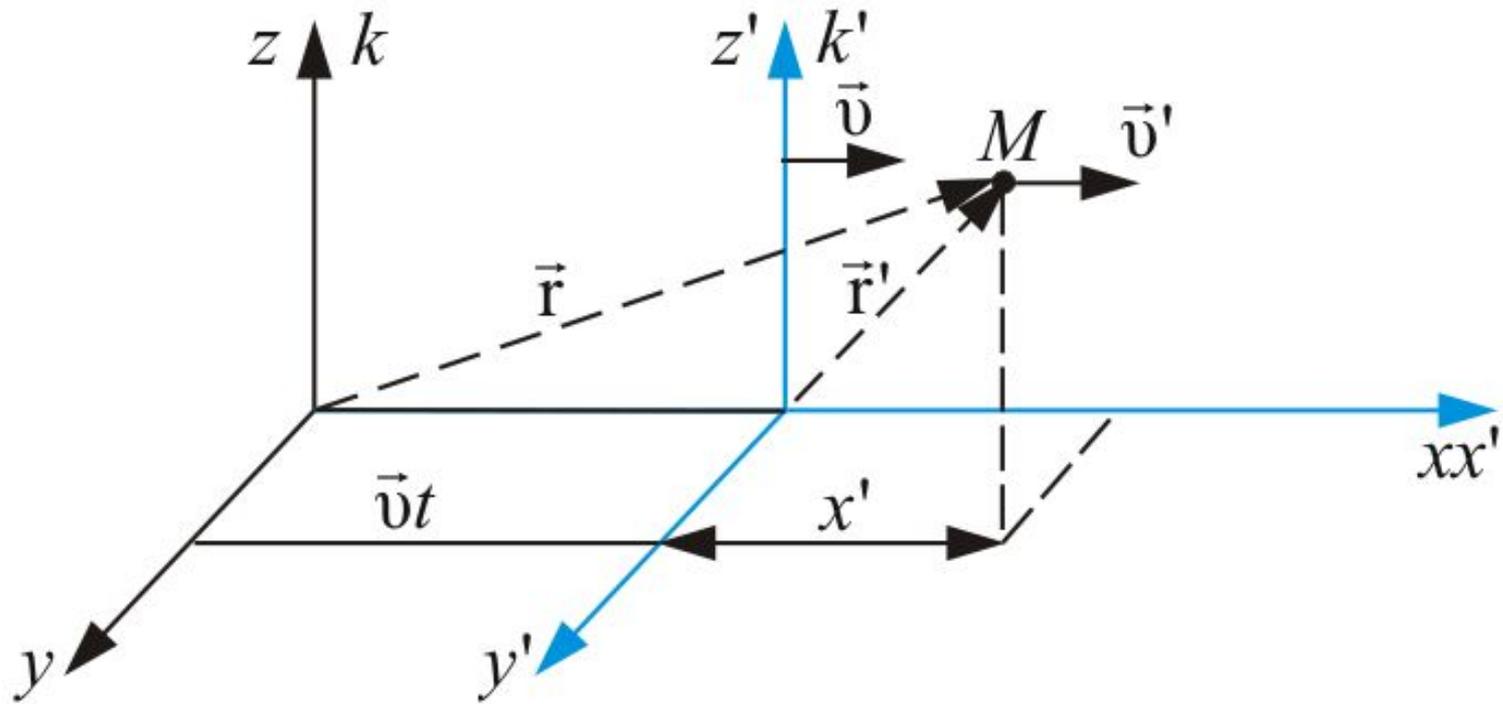
Его работы посвящены термодинамике, электродинамике, статической динамике, оптике, теории излучения, атомной физике.

Вывел формулу, связывающую диэлектрическую проницаемость с плотностью диэлектрика (формула Лоренца - Лоренца), дал выражение для силы, действующей на движущийся заряд в электромагнитном поле (сила Лоренца), развил теорию дисперсии света.

Разработал электродинамику движущихся тел (преобразования Лоренца).

Член многих академий наук, в том числе и АН СССР, лауреат Нобелевской премии.

Рассмотрим две инерциальные системы отсчета (неподвижную и подвижную)  $k$  и  $k'$ .



Пусть  $x, y, z, t$  координаты и время некоторого события в системе  $k$ , а  $x', y', z', t'$  координаты и время того же события в  $k'$ .

Как связаны между собой эти координаты и время?  
В рамках классической теории при  $U \ll c$ ,

эта связь устанавливается **преобразованиями Галилея**, в основе которых лежат представления об абсолютном пространстве и независимом времени:

$$x = x' + Ut; \quad y = y'; \quad z = z'; \quad t = t'.$$

Из этих преобразований следует, что взаимодействия, в том числе и электромагнитные, должны передаваться с бесконечно большой скоростью  $c = \infty$  и, скорость движения сигнала в системе  $k$ , отличается от скорости в системе  $k'$ :

$$U_1 = U' + U$$

*Лоренц установил связь между координатами и временем события в системах отсчета  $k$  и  $k'$  основываясь на постулатах СТО:*

- *все инерциальные системы отсчета физически эквивалентны;*
- *скорость света в вакууме постоянна и конечна, во всех инерциальных системах отсчета и не зависит от скорости движения источника и наблюдателя.*

Таким образом, при больших скоростях движения сравнимых со скоростью света, Лоренц получил

## Преобразования Лоренца.

$$x = \frac{x' + vt'}{\sqrt{1 - \beta^2}}$$

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \beta^2}}$$

$$y = y'$$

$$y' = y$$

$$z = z'$$

$$z' = z$$

$$t = \frac{t' + \frac{vx'}{c^2}}{\sqrt{1 - \beta^2}}$$

$$t' = \frac{t - \frac{vx}{c^2}}{\sqrt{1 - \beta^2}}$$

где  $\beta = \frac{v}{c}$

Истинный физический смысл *преобразований Лоренца* был впервые установлен Эйнштейном в 1905 г. в СТО. В теории относительности время иногда называют четвертым измерением. Точнее говоря, *величина  $ct$* , имеющая ту же размерность, что и  $x$ ,  $y$ ,  $z$  ведет себя как *четвертая пространственная координата*. В теории относительности  $ct$  и  $x$  проявляют себя с математической точки зрения сходным образом.

Полученные уравнения связывают координаты и время в подвижной  $k'$  и неподвижной  $k$  системах отсчета. Отличие состоит только в знаке скорости  $v$ , что и следовало ожидать, поскольку система  $k'$  движется относительно  $k$  слева направо со скоростью  $v$ , но наблюдатель в системе  $k'$  видит систему  $k$ , движущуюся относительно него справа налево со скоростью минус  $v$ .

При малых скоростях движения  $v \ll c$  или, при бесконечной скорости распространения взаимодействий ( $c = \infty$  теория дальнодействия), преобразования Лоренца переходят в преобразования Галилея (принцип соответствия).

(Разобрать самостоятельно)