

3.4. Постулаты Эйнштейна. Преобразования Лоренца

Теория электромагнитных волн Максвелла (1865 г.) предсказывала, что свет, который рассматривается в этой теории как электромагнитные волны, должен распространяться в вакууме с некоторой фиксированной скоростью c . Волны – это процесс распространения колебаний, поэтому необходимо было ответить на вопрос, колебания какого материального объекта распространяются в виде электромагнитных волн. Кроме того, необходимо было указать систему отсчета, относительно которой измеряется скорость c . В связи с этим было введено понятие **светоносного эфира**.

Под светоносным эфиром понимали некую гипотетическую абсолютно неподвижную субстанцию, которая заполняет все мировое пространство. Предполагалось, что в эфире распространяются электромагнитные, в частности – световые, волны, причем эфир не препятствует движению тел сквозь него. Предполагалось также, что наблюдатели, которые движутся относительно эфира с различными скоростями, должны измерять различную скорость света. Но скорость света относительно эфира должна оставаться неизменной.

В 1887 г. американские ученые Майкельсон и Морли поставили эксперимент, в котором сравнивалось значение скорости света, измеренное в направлении движения Земли, с её значением, измеренным в перпендикулярном направлении. При планировании эксперимента согласно представлениям классической механики предполагалось, что движение Земли относительно эфира приведет к различию измеряемых скоростей, которое интерференционный прибор Майкельсона был в состоянии зафиксировать.

Однако обнаруженное различие оказалось на два порядка меньше, чем предсказывала теория, причем наблюдались случайные изменения интерференционной картины в течение суток. Результаты опыта Майкельсона-Морли были истолкованы как принципиальная невозможность обнаружения движения Земли относительно эфира. То есть равенство скоростей света в направлении движения Земли и в перпендикулярном направлении было принято как экспериментальный факт.

С 1887 г. по 1905 г. были предприняты различные попытки объяснить результаты опыта Майкельсона-Морли. Нидерландский ученый Х. Лоренц предложил гипотезу, согласно которой все тела сокращаются в направлении своего движения, а все часы замедляют ход. Исходя из своей теории, Лоренц вывел новые преобразования координат и времени (**преобразования Лоренца**) относительно которых уравнения Максвелла являются инвариантными.

В 1905 г. Эйнштейн предложил теорию, которая была принята физическим сообществом. Эта теория была названа **специальной теорией относительности (СТО)** или **релятивистской механикой** (от латинского слова *relativus* – относительный). Специальной теория называется потому, что в ней рассматриваются только инерциальные системы отсчета. Теория Эйнштейна, разработанная для неинерциальных систем отсчета, называется **общей теорией относительности**.

Специальная теория относительности базируется на двух постулатах Эйнштейна.

Постулат 1. Принцип относительности

Все законы природы одинаковы во всех инерциальных системах отсчета.

Постулат 2. Принцип постоянства скорости света

Скорость света в вакууме одинакова во всех инерциальных системах отсчета и не зависит от движения источников и приемников света.

Первый постулат Эйнштейна, по сути, является динамическим принципом относительности. Однако Эйнштейн совместил динамический принцип относительности с кинематическим и потребовал, чтобы все физические соотношения были инвариантны относительно преобразований координат и времени при переходе от одной инерциальной системы отсчета к другой.

Смысл второго постулата Эйнштейна состоит в том, что скорость света в вакууме $c \approx 3 \cdot 10^8$ м/с является фундаментальной физической константой, которая определяет предельную скорость распространения сигнала в нашей Вселенной. Эта предельная скорость одинакова во всех инерциальных системах отсчета.

Исходя требования инвариантности физических законов и постулата о постоянстве скорости света, Эйнштейн получил пространственно-временные преобразования, которые совпали с преобразованиями Лоренца.

Рассмотрим, как и ранее, две инерциальные системы отсчёта: K и K' , оси которых параллельны, причём K' -система движется относительно K -системы вдоль оси Ox со скоростью \vec{V} . Пусть некоторое физическое явление наблюдается одновременно из обеих систем отсчёта (см. рис. 3.2). Ниже приведены преобразования Лоренца для данного частного случая.

Преобразования Лоренца при переходе из K' -системы в K -систему:

$$x = \frac{x' + Vt'}{\sqrt{1 - V^2/c^2}}; \quad y' = y; \quad z' = z; \quad t = \frac{t' + x'V/c^2}{\sqrt{1 - V^2/c^2}}; \quad (3.9)$$

Преобразования Лоренца при переходе из K -системы в K' -систему:

$$x' = \frac{x - Vt}{\sqrt{1 - V^2/c^2}}; \quad y = y'; \quad z = z'; \quad t' = \frac{t - xV/c^2}{\sqrt{1 - V^2/c^2}}; \quad (3.10)$$

Анализ преобразований Лоренца позволяет сделать выводы, изменяющие традиционные представления о свойствах пространства и времени.

Выводы из преобразований Лоренца

1. Время течет неодинаково в различных системах отсчета: $t \neq t'$.
2. Пространство и время неразрывно связаны между собой и образуют единую физическую реальность – **пространство-время**: момент времени, когда наблюдается некоторое событие, зависит от местоположения (от координат) данного события.
3. Нельзя использовать системы отсчета, которые движутся со скоростями, равными скорости света в вакууме: знаменатель двух соотношений из (3.9) или (3.10) при $V = c$ обращается в нуль.
4. Физические тела не могут двигаться со скоростями, большими скорости света в вакууме: подкоренные выражения в (3.9) или (3.10) при $V > c$ становятся отрицательными.