К началу XX в. обозначились существенные противоречия между электродинамикой Максвелла и классической механикой Ньютона. В 1905 г. А. Эйнштейн предложил изменить представления о пространстве и времени, построив новую (специальную) теорию относительности.

В основе теории относительности Эйнштейна лежат два постулата.

1. Все процессы в природе протекают одинаково во всех инерциальных системах отсчёта.

Это означает, что во всех инерциальных системах отсчёта физические законы имеют одинаковую форму. Таким образом, принцип относительности классической механики распространяется на все процессы в природе, в том числе и на электромагнитные.

2. Скорость света в вакууме одинакова во всех инерциальных системах отсчёта и не зависит ни от скорости источника, ни от скорости приёмника светового сигнала.

Скорость света занимает, таким образом, особое положение. Более того, как вытекает из постулатов теории относительности, скорость света в вакууме является максимально возможной скоростью передачи взаимодействий в природе.

Для того чтобы сформулировать постулаты теории относительности, нужна была большая научная смелость, так как они противоречили классическим представлениям о пространстве и времени.

В самом деле, допустим, что в момент времени, когда начала координат инерциальных систем отсчёта К и Кх, движущихся относительно друг друга со скоростью и\*, совпадают, в начале координат происходит кратковременная вспышка света. За время t системы отсчёта сместятся относительно друг друга на расстояние vt, а сферическая волновая поверхность будет иметь радиус vt (рис. 8.1). Системы отсчёта К и К1 равноправны, и скорость света одинакова в той и другой системе отсчёта. Следовательно, с точки зрения наблюдателя, связанного с системой отсчёта К, центр сферы будет находиться в точке О, а с точки зрения наблюдателя, связанного с системой отсчёта в точке 01. Но ведь не может одна и та же сферическая поверхность иметь центры в точках О и Ор Это явное противоречие вытекает из рассуждений, основанных на постулатах теории относительности.

Как мы видим, имеется противоречие с классическими представлениями о пространстве и времени, которые при больших скоростях движения несправедливы. Однако сама теория относительности не содержит противоречий и является абсолютно логичной.

Относительность одновременности. До начала XX в. никто не сомневался, что время абсолютно. Два события, одновременные для жителей Земли, одновременны для жителей любой космической цивилизации. Создание теории относительности привело к выводу о том, что это не так.

Причиной несостоятельности классических представлений о пространстве и времени является неправильное предположение о возможности мгновенной передачи взаимодействий и сигналов из одной точки пространства в другую. Существование предельной конечной скорости передачи взаимодействий вызывает необходимость глубокого изменения привычных представлений о пространстве и времени, основанных на повседневном опыте. Представление об абсолютном времени, которое течёт раз и навсегда заданным темпом совершенно независимо от материи и её движения, оказывается неправильным.

Если допустить возможность мгновенного распространения сигналов, то утверждение, что события в двух пространственно разделённых точках А и В произошли одновременно, будет иметь абсолютный смысл. Можно поместить в точки А и В часы и синхронизировать их с помощью мгновенных сигналов. Если такой сигнал отправлен из точки А, например, в 0 ч 45 мин и он в этот же момент времени по часам В пришёл в точку В, то, значит, часы показывают одинаковое время, т. е. идут синхронно. Если же такого совпадения нет, то часы можно синхронизировать, подведя вперёд те часы, которые показывают меньшее время в момент отправления сигнала.

Любые события, например два удара молнии, одновременны, если они происходят при одинаковых показаниях синхронизированных часов.

Только располагая в точках А и В синхронизированные часы, можно судить о том, произошли ли два каких-либо события в этих точках одновременно или нет. Но как можно синхронизировать часы, находящиеся на некотором расстоянии друг от друга, если скорость распространения сигналов не бесконечно велика?

Для синхронизации часов естественно использовать световые или вообще электромагнитные сигналы, так как скорость электромагнитных волн в вакууме является строго определённой, постоянной величиной.

Именно этот способ используют для проверки часов по радио. Сигналы времени позволяют синхронизировать ваши часы с точными эталонными часами. Зная расстояние от радиостанции до дома, можно вычислить поправку на запаздывание сигнала. Эта поправка, конечно, очень мала. В повседневной жизни она не играет сколько-нибудь заметной роли. Но при огромных космических расстояниях она может оказаться весьма существенной.

Рассмотрим подробнее простой метод синхронизации часов, не требующий никаких вычислений. Допустим, что космонавт хочет узнать, одинаково ли идут часы А и В, установленные на противоположных концах космического корабля. Для этого с помощью источника, неподвижного относительно корабля и расположенного в его середине, космонавт производит вспышку света. Свет одновременно достигает тех и других часов. Если показания часов в этот момент одинаковы, то часы идут синхронно.

Но так будет лишь в системе отсчёта Кх, связанной с кораблем. Согласно второму постулату теории относительности скорость света одинакова во всех инерциальных системах отсчёта. Следовательно, в системе отсчёта К скорость света также равна с. Очевидно, что часы на носу корабля удаляются от того места, где произошла вспышка света (точка с координатой С), и, чтобы достигнуть часов А, свет должен преодолеть расстояние, большее половины длины корабля (рис. 8.2). Напротив, часы В на корме приближаются к месту вспышки, и путь светового сигнала меньше половины длины корабля. (На рисунке 8.2, а координаты х и совпадают в момент вспышки; на рисунке 8.2, б показано положение систем отсчёта в момент, когда свет достигает часов В.) Поэтому наблюдатель, находящийся в системе отсчёта К, сделает вывод: сигналы достигают тех и других часов не одновременно.

Два любых события в точках А и 6, одновременные в системе отсчёта Kv не одновременны в системе отсчёта К.

Но согласно принципу относительности системы отсчёта Кг и К совершенно равноправны. Ни одной из этих систем отсчёта нельзя отдать предпочтение. Поэтому мы вынуждены прийти к заключению, что одновременность пространственно разделённых событий относительна. Причиной относительности одновременности является, как мы видим, конечность скорости распространения сигналов.

Именно в относительности одновременности, с которой мы не сталкиваемся в повседневной жизни, кроется решение парадокса со сферическими световыми сигналами, о котором шла речь выше. Свет одновременно достигает точек сферической поверхности с центром в точке О только с точки зрения наблюдателя, находящегося в покое относительно системы отсчёта К. С точки же зрения наблюдателя, связанного с системой отсчёта К1, свет достигает этих точек в разные моменты времени.

Разумеется, справедливо и обратное: с точки зрения наблюдателя в системе отсчёта К свет достигает точек поверхности сферы с центром в точке Ох в различные моменты времени, а не одновременно, как это представляется наблюдателю в системе отсчёта К j.

Отсюда следует вывод, что никакого парадокса в действительности нет. Одновременность событий относительна. Представить себе это наглядно, «почувствовать» мы не в состоянии из-за того, что скорость света много больше тех скоростей, с которыми привыкли двигаться мы.