

## **Принцип относительности в ньютоновской и релятивистской физике.**

1. Строго физически принцип относительности (Галилея) был сформулирован Галилеем, а затем более формально Ньютоном в своих «Началах». Данный принцип обычно дается следующим образом:

«Законы природы одинаковы во всех системах отсчета, движущихся друг относительно друга равномерно и прямолинейно.»

Математически принцип относительности Галилея выражается в преобразованиях Галилея при переходе из одной системы координат в другую, движущуюся равномерно и прямолинейно относительно первой. Закон преобразования нетрудно установить, рассмотрев две системы координат и записав необходимые уравнения.

Отсюда возникает понятие инерциальной системы, т. е. такой, в которой законы механики остаются справедливыми. Так, например, во вращающейся системе законы Ньютона требуют формальной перестройки для учета «сил инерции».

Вполне очевидно, что инерциальных систем бесконечно много. Поэтому также очевидно, что нет какой-либо «абсолютной инерциальной системы», поскольку все инерциальные системы эквивалентны в силу принципа относительности Галилея. В то же время, нет принципиального способа указать хотя бы одну инерциальную систему. Таковой не может являться, например, Земля, поскольку она движется ускоренно вокруг своей оси и вокруг Солнца.

2. Из математической формулировки принципа относительности Галилея вытекает закон сложения скоростей. Два камня, брошенные пассажиром по и против движения поезда с точки зрения стоящего на земле наблюдателя будут иметь разные по модулю скорости, отличающиеся от скорости поезда на величину скорости камня.

Положение вещей не нарушается и для более сложных явлений. Так, скорость звука складывается со скоростью движения поезда. Звук можно «обогнать», если двигаться быстрее скорости звука.

Однако для явлений распространения электромагнитных волн такого наблюдать не удавалось. Кроме того, что свет распространяется предельно быстро, он для своего распространения не требует механической среды, т. е. может распространяться и в вакууме, в отличие от механических волн (того же звука). Поэтому долгое время считалось, что свет распространяется в некоем эфире. Причем не было ясно, как эфир соотносится с нашим пространством – взаимодействует ли он с ним («увлекается» при движении) или как бы движется сквозь наше пространство (концепция «эфирного моря»).

Спустя время стало, однако, ясно, что скорость света постоянна во всех системах отсчета. Действительно, если бы это было не так, то движение двойных звезд явно казалось бы нам очень странным – более быстрые волны от приближающейся звезды обгоняли бы более медленные от удаляющейся. Однако этого не происходит.

Оставалось разобраться с эфиром. Ни первая, ни вторая, гипотеза, ни их комбинации в конечном счете не оправдались. Если эфир увлекается нашим пространством, то возле быстро движущихся объектов возникали бы искажения распространения света, чего не происходит. Эксперимент Майкельсона-Морли опроверг наличие «эфирного ветра», что явилось приговором для второй гипотезы.

3. Позже Лоренц показал [2], что уравнения Максвелла инвариантны относительно преобразований Лоренца (также было известно, что они не инвариантны

относительно Галилеевских преобразований). Это послужило отправной точкой к созданию теории относительности Эйнштейном. Если предположить, что скорость света постоянна во всех системах отсчета, при этом не отвергая постулат об эквивалентности всех инерциальных систем, но отказаться лишь от Галилеевского закона сложения скоростей, заменив его Лоренцовым, можно построить и весьма непротиворечивую механику. При этом придется отказаться от 2-го закона Ньютона, т. к. он не инвариантен к преобразованиям Лоренца.

Наиболее просто формулировать новую механику исходя из принципа наименьшего действия для свободной материальной точки. Необходимо найти инвариантный к преобразованиям Лоренца лагранжиан, который бы в пределе  $v \ll c$  переходил в классический  $mv^2/2$ . Оказалось, что действие в виде четырехмерного интервала в пространстве Минковского обладает нужным свойством.

4. Основными и наиболее известными кинематическими следствиями принципа относительности Эйнштейна для движущихся объектов являются принцип сокращения длин мер (по отношению к собственной длине меры) и принцип замедления времени (по отношению к собственному времени часов). С энергетической точки зрения принцип относительности приводит к эквивалентности инертной массы и энергии. Энергия обладает массой, а масса – энергией. Таким образом, граница между массивными телами и окружающими их полями становится не качественной, как это было ранее, а лишь количественной.

5. Принцип относительности Эйнштейна по-прежнему опирается на понятие инерциальной системы, как и принцип относительности Галилея. Он лишь требует обобщения преобразования координат при переходе из одной инерциальной системы в другую. Однако, как мы помним, нельзя указать на какую-либо инерциальную систему, т. е. мы по-прежнему для описания каких-либо явлений вынуждены искать лишь более близкую к инерциальной, более подходящую для данного явления систему.

### Литература

1. Эйнштейн, А. Инфельд, Л. Эволюция физики // Эйнштейн, А. Собрание научных трудов. – М.: Наука, 1967. – Т. 4. – С. 357–544.
2. Пуанкаре, А. О динамике электрона // Пуанкаре, А. Избранные труды. – М.: Наука, 1974. – Т. 3. – С. 429–432.