

Основы специальной теории относительности и релятивистской механики

- Мы установили, что в ньютоновской кинематике справедливы преобразования Галилея:
- $x' = x - vt$, $t' = t$.
- и нерелятивистский закон сложения скоростей:
- $v' = v - u$.
- Дифференцируя этот закон по времени, считая u постоянной, получим:
- $a' = a$, (1.45)
- т. е. ускорение инвариантно (неизменно) относительно преобразований Галилея. Если система S инерциальна, в ней ускорение свободного тела равно нулю. Равенство (1.45) показывает, что движение свободного тела в системе S' тоже происходит с нулевым ускорением, следовательно и система S' , движущаяся относительно S равномерно и прямолинейно, также является инерциальной.

- Силы взаимодействия между материальными точками зависят от их относительных скоростей и расстояний — между ними, которые не изменяются при преобразованиях Галилея. Таким образом, сила, как и ускорение инвариантна относительно преобразований Галилея и второй, а также и третий законы Ньютона имеют во всех инерциальных системах отсчета одинаковый вид. Это утверждение называется *принципом относительности Галилея*.

- Опыт показывает, что это утверждение можно распространить на все явления природы: *все инерциальные системы отсчета движутся относительно друг друга с постоянными скоростями и никакие эксперименты, проведенные в одной инерциальной системе отсчета, не дают возможности отличить ее от другой, законы природы одинаковы во всех инерциальных системах отсчета.* Это утверждение называется принципом относительности Эйнштейна и является одним из постулатов специальной теории относительности.

- Добавим к координатным осям системы отсчета ось времени, располагая эту ось перпендикулярно координатным осям. В результате получим *пространственно-временную диаграмму*, точки на которой называются *событиями*. В общем случае пространственно-временная диаграмма имеет три пространственные и одну временную ось и является четырехмерной, но в случае одномерного движения можно ограничиться только одной пространственной осью (осью x), и диаграмма оказывается двумерной. Движущееся тело изображается на пространственно-временной диаграмме линией, которая называется *мировой линией* тела.

- Мировая линия тела, движущегося равномерно и прямолинейно – прямая, а мировые линии неподвижных относительно друг друга тел параллельны (совмещаются параллельным переносом). Преобразование координат и времени – это способ вычислить время и координаты события в одной системе отсчета по времени и координатам этого же события в другой системе и по относительной скорости систем:

- .

- Согласно принципу относительности Эйнштейна система тоже является инерциальной, и свободные тела в ней движутся равномерно и прямолинейно, как и в системе . Значит преобразование должно преобразовывать прямые мировые линии в прямые (а параллельные линии — в параллельные). Из математики известно, что преобразование с такими свойствами является *линейным*:

- ,

- преобразования координат и времени, совместимые с принципом относительности (и изотропностью пространства) имеют вид:
- или , . (1.49)
- При эти преобразования переходят в преобразования Галилея, однако, на основе одного только принципа относительности мы не можем сделать никаких определенных заключений о значении величины .

- Другим постулатом, лежащим в основе специальной теории относительности, является **постулат о постоянстве скорости света**: *скорость света в вакууме не зависит от скорости источника или приемника света и одинакова во всех инерциальных системах отсчета*. Этот постулат А. Эйнштейн предложил как обобщение многочисленных и всегда дававших отрицательный результат опытов по определению зависимости скорости света от скоростей источника и приемника.

- Из постулата о постоянстве скорости света следует, что если мировая линия короткого импульса света в системе S имеет вид $x = ct$, то в системе S' ее вид $x' = ct'$, где c - одинаковая в обеих системах отсчета скорость света. Такая ситуация несовместима с преобразованиями Галилея, однако для преобразований (1.49) она вполне возможна, если положить в них $c = c$. Действительно, взяв в (1.49) $c = c$ и $c' = c$, получим:
 - $x' = \gamma(x - vt)$ и $t' = \gamma(t - vx/c^2)$.
 - Таким образом, преобразования, удовлетворяющие одновременно и принципу относительности и постулату о постоянстве скорости света имеют вид:
 - $x' = \gamma(x - vt)$ и $t' = \gamma(t - vx/c^2)$.

- Динамические законы Ньютона, а также основные следствия их, такие как закон сохранения импульса, оказываются неинвариантными относительно преобразований Лоренца. Более того, некоторые понятия классической механики, например *действие на расстоянии* или *потенциальная энергия* вообще невозможно непротиворечивым образом перенести в теорию относительности. Однако можно переопределить понятия импульса и энергии так, что законы сохранения этих величин станут инвариантными относительно преобразований Лоренца.