Галилей первым обратил внимание на то, что равномерное прямолинейное движение по отношению к Земле совершенно не сказывается на течении всех механических явлений.

Допустим, вы находитесь в каюте корабля или в вагоне поезда, движущегося плавно, без толчков. Вы можете спокойно играть в бадминтон или пинг-понг, как и на земле. Мяч или волан будет по отношению к стенам и полу перемещаться точно так же, как и по отношению к земле при игре в обычных условиях. Если не посмотреть в окно, то с уверенностью нельзя сказать, что же происходит с поездом: движется он или стоит.

Если в движущемся с постоянной скоростью вагоне изучать падение тел, колебания маятника и другие явления, то результаты будут точно такими же, как и при исследовании этих явлений на Земле.

Лишь при резком торможении поезда нужно прилагать дополнительные усилия, чтобы устоять на ногах. При большой болтанке самолёта или качке парохода на большой волне об игре с мячом не может быть и речи. Все предметы приходится закреплять, чтобы они оставались на своих местах. Принцип относительности. На основании подобных наблюдений можно сформулировать один из самых фундаментальных законов природы - принцип относительности.

Все механические процессы протекают одинаково во всех инерциальных системах отсчёта.

Это утверждение известно как принцип относительности в механике. Его ещё называют принципом относительности Галилея.

Не нужно думать, что выполнение принципа относительности означает полную тождественность движения одного и того же тела относительно различных инерциальных систем отсчёта. Тождественны лишь законы динамики. Законы движения тел определяются не только законами динамики, но и начальными скоростями и начальными координатами тел. А начальные величины для данного тела относительно разных систем отсчёта различны.

Инвариантные и относительные величины. Инвариантность означает неизменность физической величины или закона при определённых преобразованиях или изменениях условий. Например, сила, с которой мяч ударяется о землю, не зависит от того, кто наблюдал этот удар: человек, стоящий рядом, или пассажир равномерно движущегося автобуса. Или, например, масса космонавта одинакова на Земле и на Луне. Отметим, какие из рассмотренных величин остаются инвариантными при движении тела относительно разных систем отсчёта.

Инвариантными при переходе от одной инерциальной системы отсчёта к другой являются ускорение, масса и сила. Также инвариантными будут законы Ньютона, о чём говорит принцип относительности Галилея.

В то же время уравнения движения тел в разных инерциальных системах отсчёта будут выглядеть по-разному.

Величины, изменяющиеся при переходе от одной инерциальной системы отсчёта к другой, являются относительными (неинвариантными). Кинематические величины, такие, как скорость, перемещение, траектория движения - примеры относительных величин.

Например, в равномерно движущемся поезде камень будет падать отвесно относительно стен вагона, если начальная скорость камня по отношению к поезду равна нулю (рис. 2.30). Но, с точки зрения наблюдателя на Земле этот камень будет двигаться по параболе (рис. 2.31). Дело в том, что начальная скорость камня по отношению к системе отсчёта, связанной с Землёй, отлична от нуля и равна скорости поезда.

Открытие принципа относительности - одно из величайших достижений человеческого разума. Оно оказалось возможным лишь после того, как люди поняли, что ни Земля, ни Солнце не является центром Вселенной.