Невозможно определить экспериментальным путем, находится ли тело в гравитационном поле или в неинерциальной системе отсчета.

Вам, возможно, доводилось испытывать странные физические ощущения в скоростных лифтах: когда лифт трогается вверх (или тормозит при движении вниз), вас придавливает к полу, и вам кажется, что вы на мгновение потяжелели; а в момент торможения при движении вверх (или старта при движении вниз) пол лифта буквально уходит у вас из-под ног. Сами, возможно, того не сознавая, вы испытываете при этом на себе действие принципа эквивалентности инертной и гравитационной масс. Когда лифт трогается вверх, он движется с ускорением, которое приплюсовывается к ускорению свободного падения в неинерциальной (движущейся с ускорением) системе отсчета, связанной с лифтом, и ваш вес увеличивается. Однако, как только лифт набрал «крейсерскую скорость», он начинает двигаться равномерно, «прибавка» в весе исчезает, и ваш вес возвращается к привычному для вас значению. Таким образом, ускорение производит тот же эффект, что и гравитация.

Теперь представьте, что вы находитесь в открытом космосе вдали от любых сколько-нибудь значительных гравитационных полей, но при этом ваш корабль движется с ускорением 9,8 м/с^2. Если вы встанете на весы, то обнаружите, что вес вашего тела не отличается от веса вашего тела на Земле. Если вы возьмете шар и отпустите его, он, как и на Земле, упадет на пол, и, если измерить изменение скорости его падения в пути, окажется, что он падал равноускоренно всё с тем же ускорением 9,8 м/с^2, то есть динамика его падения ничем не отличается от земной. Принцип эквивалентности как раз и гласит, что, находясь в какой-либо замкнутой системе, вы не можете определить, вызвано ускорение свободно движущегося тела в ней гравитационным полем или же оно является собственным ускорением неинерциальной системы отсчета, в которой вы находитесь, иными словами, обусловлено действием силы инерции.

Из принципа эквивалентности следуют интересные предсказания относительно поведения света в гравитационном поле. Представьте, что в момент ускоренного движения вверх при старте лифта вы послали световой импульс (например, при помощи лазерной указки) в направлении мишени на противоположной стене лифта. За то время, пока импульс света находится в пути, мишень вместе с лифтом ускорится, и световая вспышка на стене окажется ниже мишени. (Конечно же, в земных условиях вы этого отклонения не заметите, так что просто представьте, будто вы способны рассмотреть отклонение на тысячные доли микрона.) Теперь, возвращаясь к принципу эквивалентности гравитации и ускорения, можно сделать вывод, что аналогичный эффект отклонения светового луча должен наблюдаться не только в неинерциальной системе, но и в гравитационном поле. Для светового луча, согласно обобщенному принципу эквивалентности сил гравитации и инерции, введенному Эйнштейном в число постулатов общей теории относительности, отклонение светового луча звезды,

проходящего по касательной к периметру Солнца, должно составлять около 1,75 угловых секунд (примерно одна двухтысячная градуса), в то время как в рамках классической механики Ньютона луч также должен отклоняться в силу того, что свет обладает массой, но на значительно меньший угол (около 0,9 угловых секунд). Таким образом, измерения, проведенные сэром Артуром Эддингтоном (Arthur Eddington, 1882–1944) во время полного солнечного затмения 1919 года и выявившие отклонение луча на угол 1,6 угловых секунд, стали триумфальным экспериментальным подтверждением общей теории относительности.

Следуя аналогичным рассуждениям, нетрудно увидеть, что принцип эквивалентности предсказывает, что в спектре светового луча, направленного в сторону уменьшения интенсивности гравитационного поля (в земных условиях — вверх), должно наблюдаться красное смещение, и это предсказание также получило свое экспериментальное подтверждение.

Принцип эквивалентности — лишь один из постулатов общей теории относительности. Он ограничивается рассмотрением эффектов гравитации и равноускоренного движения, однако каждое подтверждение принципа эквивалентности является одновременно и подтверждением общей теории относительности.