

Таким образом, переменные  $x$ ,  $y$ ,  $z$ ,  $t$  (координаты и время), с которыми мы будем иметь дело в дальнейшем, связаны с базисом.

## § 2. Положение тела в пространстве в данный момент времени в заданной системе отсчета

Отвлечемся сперва от роли времени и рассмотрим обычные способы определения расположения предметов в пространстве. В принципе эти способы основаны, кроме гипотезы о применимости евклидовой геометрии к реальному физическому пространству, на двух предположениях: о существовании твердых тел и о прямолинейности распространения света. В самом деле, чтобы найти положение удаленного предмета, необходимо отмерить твердым жезлом определенный базис (в смысле обычной триангуляции) и засечь при помощи лучей света направления на предмет из разных точек этого базиса. Предполагая лучи света прямолинейными, можно вычислить тогда по законам евклидовой геометрии расстояние до предмета и все другие данные, характеризующие его положение. Прямолинейность лучей света в вакууме есть основной постулат; прямолинейность лучей в атмосфере является приближенной и должна контролироваться (учет рефракции и т. п.). Справедливость законов евклидовой геометрии для реального физического пространства следует рассматривать как опытный факт, а не как априорное допущение. Действительно, хотя эти законы оправдываются с огромной степенью точности, теория всемирного тяготения Эйнштейна как раз и основана на рассмотрении малых отклонений от них.

Таким образом, свойства света и свойства твердых тел играют основную роль в установлении геометрии реального физического пространства.

Необходимо, однако, заметить, что понятие твердого тела является здесь в известной мере вспомогательным понятием. Абсолютно твердых тел не существует; реальные физические тела могут рассматриваться как твердые и обладающие неизменными геометрическими размерами лишь приближенно и лишь при определенных условиях (постоянство температуры, отсутствие упругих колебаний и т. п.). Неизменность эталона длины с наибольшей точностью может быть проверена путем сравнения его с длиной волны определенной спектральной линии. Таким образом, понятие длины сводится, в конечном счете, к свойствам атомов (или молекул), излучающих данную линию, и к свойствам света.

Другой возможный способ определения положения предметов в пространстве, принципиально отличный от триангуляции, есть радиогодезия или радиолокация. В принципе этот способ заключается в том, что с некоторого пункта посылаются радиосигналы, которые отражаются от наблюдаемого предмета и возвращаются

в точку отправления. При этом отмечается время прохождения сигнала (туда и обратно), а также, конечно, направление. Зная скорость распространения радиосигнала (она равна скорости света), получают расстояние до предмета, умножая на нее половину времени прохождения сигнала.

В принципиальном отношении этот способ важен потому, что в нем измерение длин сводится к измерению промежутков времени и не используются свойства абсолютно твердых тел. Существенным предположением является постоянство скорости света. Сама скорость света играет здесь роль переводного множителя от времен к длинам. Численное значение скорости света должно устанавливаться другими опытами, в которых уже используются эталоны длины.

Измерение времени может быть, в принципе, произведено при помощи любого периодического процесса. Наибольшей точностью в настоящее время обладают часы, основанные на использовании собственных колебаний кристаллической решетки кварца или молекул аммиака. Практически принято астрономическое измерение времени, основанное на применении законов движения Ньютона к вращению земного шара, с учетом всех, вытекающих из теории, поправок на неравномерность вращения (нутация и пр.).

Указанные способы измерения времени дают возможность регулировки часов на „базисе“.

При измерении положения движущихся предметов с определенного базиса возникает вопрос: к какому моменту времени (по часам базиса) относятся полученные значения расстояний (и вообще пространственных координат)? Мы примем следующее определение: если момент отправления светового сигнала (или радиосигнала с локационной станции) есть  $t_1$ , момент возвращения сигнала есть  $t_2$ , то полученные значения координат предмета  $x, y, z$  (а также расстояния  $r = c \frac{t_2 - t_1}{2}$ ) относятся к моменту времени  $t = \frac{t_1 + t_2}{2}$ . Это определение соответствует естественному предположению, что скорость света „туда“ и „обратно“ одинакова.

Мы установили, что, исходя из определенного базиса, снабженного масштабами и часами (а также другими необходимыми приборами), можно измерять положение тел в пространстве (по отношению к этому базису) и относить получаемые значения координат (например декартовых  $x, y, z$ ) к определенному моменту времени  $t$  (по часам базиса). Такого рода базис мы будем называть в дальнейшем „системой отсчета“. Слово „базис“ мы будем употреблять в тех случаях, когда желательно подчеркнуть то обстоятельство, на которое мы уже указывали в начале § 1, а именно, что система отсчета не есть какая-то вросшая в пространство координатная сетка в соединении с каким-то „мировым временем“, а есть нечто связанное с масштабами и часами, находящимися в определенном месте и определенным образом движущимися.