

от одной прямоугольной системы координат к другой, с иным направлением осей.

Обобщенное преобразование Лоренца характеризуется математически таким образом.

Оно выражает переменные x', y', z', t' как такие однородные линейные функции переменных x, y, z, t , что тождественно выполняется соотношение

$$x'^2 + y'^2 + z'^2 - c^2 t'^2 = x^2 + y^2 + z^2 - c^2 t^2. \quad (11a)$$

Это означает: если в левую часть последнего равенства вместо x', y', z', t' подставить их выражения через x, y, z, t , то левая часть равенства (11a) совпадет с правой.

Приложение II Четырехмерный мир Минковского (дополнение к § 17)

Обобщенное преобразование Лоренца может быть охарактеризовано еще проще, если вместо t как переменной времени ввести мнимую величину $\sqrt{-1}ct$. Если в соответствии с этим положить

$$\begin{aligned} x_1 &= x, \\ x_2 &= y, \\ x_3 &= z, \\ x_4 &= \sqrt{-1}ct, \end{aligned}$$

и аналогично для системы K' , то условие, которому преобразование тождественно удовлетворяет, будет иметь вид

$$x_1'^2 + x_2'^2 + x_3'^2 + x_4'^2 = x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + x_4^2. \quad (12)$$

Именно в это соотношение переходит соотношение (11a) при указанном выборе «координат».

Из соотношения (12) видно, что мнимая временная координата x_4 и пространственные координаты x_1, x_2, x_3 входят в него симметрично. На этом основании, согласно теории относительности, «время» x_4 входит в выражение законов природы в такой же форме, что и пространственные координаты x_1, x_2, x_3 .

Четырехмерный континуум, описываемый «координатами» x_1, x_2, x_3, x_4 , Минковский назвал «миром», а событие в данной точке — «мировой точкой». Из изучающей «*происходящее*» в трехмерном пространстве физика становится в известном смысле изучающей «*существующее*» в четырехмерном «мире».

Этот четырехмерный «мир» имеет глубокое сходство с трехмерным «пространством» (евклидовой) аналитической геометрии. Именно, если в последней ввести новую декартову систему координат (x'_1, x'_2, x'_3) с тем же началом, то x'_1, x'_2, x'_3 будут однородными линейными функциями x_1, x_2, x_3 , которые тождественно удовлетворяют соотношению

$$x_1'^2 + x_2'^2 + x_3'^2 = x_1^2 + x_2^2 + x_3^2.$$

Аналогия с соотношением (12) полная. Мир Минковского формально можно рассматривать как четырехмерное евклидово пространство (с мнимой временной координатой); преобразование Лоренца соответствует «вращению» системы координат в четырехмерном «мире».

Приложение III

Экспериментальное подтверждение общей теории относительности¹

С точки зрения теории познания эволюцию опытной науки можно представить себе как непрерывный процесс индукции. Теории развиваются и выражаются как объединения большого числа отдельных опытных фактов в форме эмпирических законов, из которых путем сравнения устанавливаются общие законы. С этой точки зрения развитие науки имеет сходство с составлением каталога и является чисто эмпирическим делом.

Но эта точка зрения никоим образом не охватывает весь действительный процесс. Она умалчивает о важной роли интуиции и дедуктивного мышления в развитии точной науки. Как только какая-нибудь наука выходит из начальной стадии своего развития, прогресс теории достигается уже не просто в процессе упорядочения. Исследователь, отталкиваясь от опытных фактов, старается развивать систему понятий, которая, вообще говоря, логически опиралась бы на небольшое число основных предположений, так называемых аксиом. Таковую систему

¹Перевод приложений III и IV выполнен по 15-му английскому изданию книжки. — *Прим. ред.*