

ВНЕДРЕНИЕ ПРОБЛЕМНЫХ СИТУАЦИЙ, СВЯЗАННЫХ С ОШИБОЧНЫМ ПОНИМАНИЕМ ПРИНЦИПА СООТВЕТСТВИЯ

Известно, что в свое время Эйнштейн показал, что в теории относительности классические преобразования Галилея, описывающие переход от одной инерциальной системы отсчета к другой:

$$\begin{matrix} K \rightarrow K' & K' \rightarrow K \\ \left\{ \begin{array}{l} x' = x - vt \\ y' = y \\ z' = z \\ t' = t \end{array} \right. & \left\{ \begin{array}{l} x = x' + vt \\ y = y' \\ z = z' \\ t = t' \end{array} \right. \end{matrix} \quad (1)$$

заменяются преобразованиями Лоренца, удовлетворяющими постулатам Эйнштейна. Эти преобразования предложены Лоренцем в 1904г., еще до появления теории относительности, как преобразования, относительно которых уравнения Максвелла для электромагнитного поля инвариантны [1]. Преобразования Лоренца имеют вид:

$$\begin{matrix} K \rightarrow K' & K' \rightarrow K \\ \left\{ \begin{array}{l} x' = \frac{x-vt}{\sqrt{1-\beta^2}} \\ y' = y \\ z' = z \\ t' = \frac{x-\frac{vx}{c^2}}{\sqrt{1-\beta^2}} \end{array} \right. & \left\{ \begin{array}{l} x = \frac{x'+vt}{\sqrt{1-\beta^2}} \\ y = y' \\ z = z' \\ t = \frac{x'+\frac{vx'}{c^2}}{\sqrt{1-\beta^2}} \end{array} \right. \end{matrix}, \quad (2)$$

где $\beta = \frac{v}{c}$.

Из сравнения приведенных уравнений вытекает, что они симметричны и отличаются лишь знаком при v . Это очевидно, так как если скорость движения системы K' относительно системы K равна v , то скорость движения K относительно K' равна $-v$.

Из преобразований Лоренца вытекает также, что при малых скоростях (по сравнению со скоростью света), т. е. когда $\beta \ll 1$, они переходят в классические преобразования Галилея (в этом заключаются суть *принципа соответствия*), которые являются, следовательно, предельным случаем преобразований Галилея.

Согласно традиционному пониманию принципа соответствия, новая физическая теория включает в себя прежнюю теорию как предельный частный случай. В применении к специальной теории относительности (СТО) и механике Ньютона (МН) этот принцип гласит:

– при скоростях движущихся тел, малых по сравнению со скоростью света,

$$\frac{v}{c} \ll 1, \quad (3)$$

СТО переходит МН, причем формально этот переход может быть осуществлен как переход к пределу

$$c \rightarrow \infty \quad (4)$$

в формулах СТО [2].

На основе подобного представления о связи СТО и МН, глубоко укоренившегося в науке и сознании студентов, можно создать следующие проблемные ситуации.

1. Условие (3), в отличие от условия (4), не выводит нас за рамки релятивистских представлений, и поэтому при его выполнении СТО не переходит в МН. Например, формула СТО для энергии покоя тела $E_0 = mc^2$ при этом вообще не меняется, а некоторые другие формулы, хотя и становятся по виду ньютоновскими, по смыслу остаются релятивистскими, поскольку включают в себя релятивистские физические величины.

2. По поводу условия (3) можно задать вопрос: начиная с какой скорости v' это условие можно считать выполненным? Поскольку объективный критерий, на основе которого можно было бы указать такую скорость, отсутствует. СТО ни при каких скоростях не переходит в МН.

3. Условие (4) означает замену близкодействия дальнодействием и поэтому соответствует не только формальному, но и физическому переходу от СТО к МН. Однако это условие, очевидно, не имеет физического смысла и получаемая с его помощью МН, которая, следовательно, не может быть частным случаем СТО.

4. Рассмотрим тело, движущиеся под действием силы. Если в некоторой инерциальной системе отсчета (ИСО) К скорость этого тела мала (велика), то всегда найдется ИСО К', в которой его скорость будет велика (мала).

Поскольку и в СТО, и в МН справедлив принцип относительности, то законы физики должны быть одинаковы в обеих системах отсчета, то есть и при больших, и малых скоростях движения тел, вопреки принципу соответствия, должны выполняться одни и те же законы. По поводу возможного возражения о неприменимости МН при большой относительной скорости систем К и К' следует заметить, что преобразование от К к К' можно осуществить с помощью набора промежуточных ИСО, каждая из которых движется относительно предыдущей с малой скоростью.

Для разрешения полученных противоречий необходимо выяснить истинную природу связи между СТО и МН путем сравнительного анализа их исходных положений. Подобный анализ обеих теорий показывает, что все различие между ними обусловлено различием принципов близкодействия и дальнодействия. Однако, поскольку эти принципы логически несовместимы (что видно из условия (4), в котором c – число, ∞ – символ, и никакой плавный переход между ними невозможен), обе теории исключают одна другую. Поэтому принцип соответствия имеет лишь математический смысл, и речь должна идти о применимости при определенных условиях не МН (которая ошибочна), а ее математического аппарата, или, точнее, ньютоновского приближения СТО.

Чтобы найти условия, необходимо сравнить в обеих теориях определения лабораторного времени, основанные на упомянутых несовместимых принципах. В результате получим два условия:

$$\frac{r}{c} < \sigma_t, \quad \frac{v}{c} < \varepsilon_{\Delta t}, \quad (5) \quad \varepsilon_{\Delta t} = \frac{v \Delta t}{c}$$

где r – расстояние от наблюдателя до места события; σ_t – абсолютная ошибка измерения времени, а $\varepsilon_{\Delta t}$ – относительная ошибка измерения наблюдаемого времени Δt движения тела со скоростью v . Первое из этих условий определяет максимальный размер ИСО в случае Ньютоновского приближения, а второе заменяет не вполне корректное условие (3).

Рассмотрим в качестве примера движение тела по инерции с какой угодно малой скоростью $v \neq 0$. Очевидно, что всегда можно выбрать настолько большой промежуток времени Δt (и, следовательно, настолько малую ошибку $\varepsilon_{\Delta t}$), что второе условие (5) будет нарушено в полном соответствии с представлением об ошибочности МН.

Как же объяснить, что МН является ошибочной теорией, что на протяжении столетий подтверждается с огромной точностью в поистине необходимом количестве экспериментов. После всего сказанного ответ очевиден: опыты неправильно интерпретируются. Ошибка заключается в игнорировании вопроса о погрешности измерений. Дело в том, что, соответственно истинному смыслу принципа соответствия, формулы МН представляют собой нулевое (или, иначе, ньютоновское) приближение по $\frac{v}{c}$ и соответствующих формул СТО. Согласование же приближенных формул с опытом, если оно имеет место, объясняется лишь низкой точностью измерения времени и исчезает с ее повышением (как в рассмотренном нами примере).

ЛИТЕРАТУРА

1. Матвеев, А. Н. Механика и теория относительности / А. Н. Матвеев. – М. : Высш. шк., 1976. – 416 с.
2. Ландау, Л. Д. Теория поля / Л. Д. Ландау, Е. М. Лившиц. – М. : Наука, 1088. – С. 15.