

Н. А. Козырев

АСТРОНОМИЧЕСКОЕ ДОКАЗАТЕЛЬСТВО РЕАЛЬНОСТИ ЧЕТЫРЕХМЕРНОЙ ГЕОМЕТРИИ МИНКОВСКОГО¹

На основе наблюдений, опубликованных в предыдущей статье настоящего сборника, показано, что мир Минковского является не абстрактной схемой, изобретенной для краткой записи следствий специальной теории относительности, а отвечает действительности и описывает геометрию реального мира. Обсуждаются некоторые проблемы причинности, возникающие из-за возможности связей через время с будущим и прошедшим.

Kozyrev N. A. Astronomical proofs of reality of four-dimensional geometry by H. Minkowski. On the basis of observations published in [3] it is shown that the H. Minkowski universe is not an abstract scheme invented for registration of consequences of the special (restricted) theory of relativity, but exists in reality and describes geometry of the existing world. Some problems of causality, appearing because of a possible connection between the past and future through time are discussed.

Открытие Лобачевским неевклидовой геометрии показало, что реальность геометрии, т. е. соответствие ее со свойствами нашего Мира, можно установить только наблюдением и опытом, а не логическим заключением. Сам Лобачевский из астрономических наблюдений пытался определить, равна ли сумма внутренних углов треугольника 180° или она меньше, в соответствии с его геометрией, из которой следовало не нулевое, а некоторое конечное значение параллаксов бесконечно удаленных звезд. Опираясь на значения известных параллаксов, Лобачевский пришел к выводу, что геометрия Евклида справедлива даже в масштабах звездных расстояний, а его геометрия остается лишь воображаемой, как он сам называл ее. Подобно этому исследованию, где были использованы электромагнитные волны, всякая другая мыслимая проверка

¹ Опубликовано в сб. «Проблемы исследования Вселенной». Вып. 9. — М.; Л., 1980. — С. 85–93.

© Н. А. Козырев, 2008.

аксиом геометрии возможна только через физические свойства, которые могут быть внесены в пространство веществом или силовым полем. Точно так же и для изучения геометрических свойств времени, существующего или независимо от пространства, или образующего с ним четырехмерное многообразие, необходимо внести в промежутки времени, измеряемые часами, некоторые физические свойства, благодаря которым возможно воздействие времени на вещество. Существование у времени физических свойств было доказано рядом лабораторных экспериментов [1] и астрономических наблюдений [2]. Эффект воздействия времени на вещество за секунду может служить мерой количества времени в этой единице или его плотности. Плотность времени в данном месте пространства зависит от процессов, происходящих в окрестностях этого места. Процессы, в которых идет возрастание энтропии, увеличивают плотность времени, и они, следовательно, излучают время. Значит, плотность времени увеличивается при потере веществом организации. Уже из этого обстоятельства можно заключить, что время несет в себе организацию или негэнтропию, которая может быть передана другому веществу — датчику. Вблизи таких процессов повышается, например, упорядоченность кристаллической решетки, и поэтому, в частности, должна возрастать электропроводность резистора с положительным температурным коэффициентом. С помощью такого резистора, введенного в мост Уитстона, и оказалось возможным проводить астрономические наблюдения посредством времени, плотность которого увеличена процессами, происходящими на небесных объектах. опыты показали, что законы геометрической оптики, и в частности закон отражения, справедливы и для времени. Поэтому оказалось возможным проводить эти астрономические наблюдения с помощью обычных телескопов-рефлекторов. В фокальной плоскости телескопа располагалась щель с зеркальными щечками, на которых было видно изображение звезды. Сразу за щелью находился рабочий резистор, введенный в мост Уитстона. Изменение его электропроводности вызывало нарушение равновесия моста, которое регистрировал гальванометр. Эта методика позволила осуществить исследование не просто трехмерной геометрии нашего пространства, но и четырехмерного многообразия, включающего в себя время.

В представлении механики Ньютона время не зависит от пространства. Это обстоятельство можно показать геометрически, откладывая время по четвертой оси, перпендикулярной к пространственным координатным осям. Но этот геометрический прием — только иллюстрация независимости времени, позволяющая строить графики движения, и не представляет реального объединения пространства и времени в четырехмерное многообразие. При таком представлении один и тот же момент времени наступает сразу для всего пространства. Значит, все пространство, вся Вселенная проектируется на ось времени одной точкой и, следовательно, для времени не имеет размера. Поэтому изменение плотности времени, вызванное процессом в какой-либо точке пространства, например, на звезде, должно произойти сразу во всем Мире, но только убывая с расстоянием обратно пропорционально его квадрату. Следовательно, через время возможно дальное действие, т. е. мгновенная связь. Этот вывод был доказан астрономическими наблюдениями, показавшими, что на резистор в фокальной плоскости телескопа действует то место неба, где звезды не видно, но где она находится сейчас, в момент наблюдений. Это положение звезды легко рассчитать, если известно ее собственное движение μ и параллакс π . Эти данные позволяют определить тангенциальную скорость звезды v_T в системе координат, связанной с Солнцем:

$$v_T = 4,74 \frac{\mu}{\pi}. \quad (1)$$

С позиции Солнца угловой сдвиг звезды $\Delta\alpha$ от ее визуального положения, т. е. положения в прошлом, к положению в настоящем определится выражением

$$\Delta\alpha_{\odot} = \frac{v_T t}{R} = \frac{v_T}{c}, \quad (2)$$

поскольку t есть время, необходимое свету для прохождения R — расстояния от звезды до Солнца со скоростью c . В дуговых секундах формула (2) получает очень простое численное выражение:

$$\Delta''\alpha_{\odot} \approx \frac{2}{3} v_T \text{ км/с}. \quad (3)$$

Для наблюдателя на Земле к этому смещению надо добавить еще значение годичной аберрации звезды A :

$$\Delta\alpha = \Delta\alpha_{\odot} + A. \quad (4)$$

По формулам (1), (3), (4) и можно рассчитать истинное положение звезды в момент наблюдений по отношению к ее видимому положению. Сопоставление этих расчетов с результатами наблюдений должно быть решающим экспериментом для наших представлений о свойствах времени.

Соответствующие наблюдения были выполнены осенью 1977 г. на 50-дм рефлекторе Крымской астрофизической обсерватории (масштаб 8" в мм) [3].

По отсчетам гальванометра наблюдалось изменение сопротивления резистора, введенного в мост Уитстона и находившегося за щелью в фокальной плоскости телескопа. Для восемнадцати звезд, по отношению к видимому изображению звезды, было измерено микрометром положение резистора, при котором гальванометр показывал уменьшение его сопротивления. Для всех этих звезд отклонение наблюдавшихся положений от расчетных оказалось порядка ширины щели 0,25 мм, т. е. 2". Лишь для звезды ι Peg вместо расчетного значения $\Delta\alpha = 31'' \pm 2$ получилось 59", что удалось объяснить дальнейшими наблюдениями. При этих исследованиях щель располагалась перпендикулярно суточному движению, и сдвиг звезды измерялся только по прямому восхождению. Поэтому вблизи меридиана рефракция исключалась тем, что она могла внести ошибки только вдоль щели и, следовательно, вдоль резистора.

Совершенно неожиданным оказалось, что резистор реагирует не только на истинное положение звезды, но и тогда, когда на щели оказывается ее видимое изображение. Сразу же было показано, что это обстоятельство не связано со светом, проникавшим через щель на резистор. Действительно, это действие видимого изображения сохранялось и тогда, когда большое зеркало телескопа было закрыто дюралевой крышкой толщиной около 2 мм. При этом несколько ослаблялся эффект, но в той же степени, как ослаблялось и действие истинного положения звезды. Кроме того, при повороте щели на 90°, когда при наблюдениях в меридиане получалось ее горизонтальное расположение, стало очевидным, что на резистор действует не световое изображение, смещенное рефракцией, а то положение, которое занимала бы звезда при отсутствии атмосферы.

ры. Значит, и этот эффект вызван воздействием через время, которое может передаваться не только мгновенно, но и со скоростью света. Следовательно, существует связь времени с пространством, и представление классической физики о независимости времени оказалось неправильным. Геометрия же, связывающая пространство и время в единое четырехмерное многообразие, была разработана Минковским в соответствии с преобразованием Лоренца и другими следствиями специальной теории относительности Эйнштейна. В теории относительности промежутки времени dt и пространства dr не инвариантны, а зависят от относительной скорости координатных систем. Инвариантом же является некоторая образованная из них величина ds :

$$ds^2 = c^2 dt^2 - dr^2. \quad (5)$$

Инвариантность этого выражения может иметь геометрическую интерпретацию как инвариантность интервала четырехмерного многообразия с координатами: ict, x, y, z , где i — мнимая единица. Этот четырехмерный мир Минковского может представлять собой реальный мир, в котором живем мы, или может быть только абстрактным построением, изобретенным для простого вывода преобразований Лоренца. С точки зрения реальности такого мира, все, что может произойти, уже существует в будущем и продолжает существовать в прошлом. Перемещаясь по оси времени, мы только сталкиваемся с событиями в своем настоящем. Постараемся теперь из этих представлений прийти к выводам, которые можно проверить астрономическими наблюдениями.

Формулу (5) для интервала можно переписать в следующем виде:

$$ds^2 = dt^2(c^2 - u^2), \quad (6)$$

где $u = dr/dt$ представляет собой скорость движения объекта относительно данной системы координат. При $u = 0$ $ds = cdt$. Следовательно, интервал является собственным временем системы, которое отсчитывают покоящиеся часы. Будучи инвариантом, интервал и есть то понятие, которое заменяет независимое от пространства время классической физики. Изменение физических свойств интервала должны воспринимать наши датчики. Моменты собственного времени, как материальные нити, связывают центр действия с объектами,

воспринимающими это действие. Передача возможна только через одну и ту же нить, т. е. через один и тот же момент. Таким образом, связь через время возможна лишь при условии

$$ds = 0.$$

В мире Минковского, как видно из формулы (6), это условие будет осуществляться в трех случаях:

$$I. dt = 0, \quad II. u = +c \quad \text{и} \quad III. u = -c. \quad (7)$$

На рис. 1 изображены эти три возможных канала связи. Там представлены ось времени ict и одна пространственная ось x , на которой расположена звезда и в начале координат Земля. Пунктиром показана мировая линия звезды, неподвижной относительно Солнца, т. е. среднего положения Земли. Случай I соответствует возможности наблюдать звезду в настоящий момент, случай II — в прошлом, когда от нее вышел видимый сейчас свет, и III представляет возможность наблюдать звезду в будущем, когда к ней пришел бы посланный сейчас с Земли световой сигнал. Таким образом, возможность мгновенной связи через время не противоречит геометрическим свойствам мира Минковского — мира, который полностью воспроизводит все выводы теории относительности. Вместе с тем теория относительности была создана Эйнштейном из физических соображений на основе постулата о невозможности дальнего действия, т. е. невозможности мгновенной связи. Наши же наблюдения [3] показали, что дальнее действие осуществляется в природе. Следовательно, строгое обоснование теории относительности дает не аргументация Эйнштейна, а геометрия четырехмерного мира Минковского. Однако едва ли бы удалось найти эту геометрию без полученных Эйнштейном физических выводов.

Вторая возможность наблюдений посредством времени соответствует обычной астрономической практике — наблюдать объ-

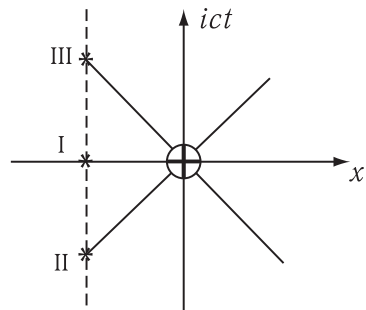


Рис. 1. Три случая возможной связи через время в мире Минковского

ект в прошлом, отодвинутом от нас на то время, которое требуется свету, чтобы прийти к наблюдателю. С точки зрения земного наблюдателя, момент времени перемещается с той же скоростью, как и свет. Но при входе в земную атмосферу свет, из-за рефракции, сходит с мировой линии $u = c$, по которой продолжается действие времени. Раз действие времени свободно от рефракции, то не может быть и дрожаний изображения, что особенно важно при астрометрических наблюдениях. Что касается aberrации, то она должна быть такой же, как и у света. Действительно aberrация не связана с особыми свойствами света, а является следствием смещения мировой линии $u = c$, происходящего из-за поворота координатных осей при переходе к системе с другой скоростью. Значит, расчет сдвига положения I по отношению к положению II можно проводить по тем же формулам (1), (3), (4), а сама задача определения этих относительных положений не требует учета рефракции.

Итак, геометрия Минковского полностью объясняет результаты наших наблюдений. Но кроме наблюдавшихся действий звезды в положениях прошлом и настоящем она предсказывает еще возможность наблюдений будущего положения звезды, согласно случаю III выражения (7). При постоянной скорости движения, положения в прошлом и в будущем должны располагаться симметрично относительно положения в настоящем. Действительно, согласно (4), этот сдвиг для прошлого равен $-\Delta\alpha = -(\Delta\alpha_{\odot} + A)$, а для будущего $+\Delta\alpha = (\Delta\alpha_{\odot} + A)$, поскольку знак aberrации A меняется в соответствии с выражением (7) при перемене знака c . Таким образом, на датчик должно быть действие от звезды в трех точках неба: 1) совпадающей с точностью до рефракции с видимым изображением звезды; 2) сдвинутой от этого места на $\Delta_1\alpha = \Delta\alpha_{\odot} + A$ и 3) сдвинутой от него же на $\Delta_2\alpha = 2\Delta_1\alpha$. По-видимому, с этим двойным смещением и пришлось столкнуться при упомянутых выше наблюдениях звезды ι Рег. Отсутствие же ее действия в положении $\Delta_1\alpha$ показывает, что эта звезда имеет переменную активность, которая сильно ослабла в настоящее время. Но, конечно, такой фундаментальный вывод, как возможность наблюдений звезды или чего-либо другого в будущем, как реальное, уже существующее явление, а не как прогноз, требовал постановки специальных и тщательных наблюдений.

Эти наблюдения были проведены нами с В. В. Насоновым на 50-дм рефлекторе Крымской астрофизической обсерватории в два периода: весной и осенью 1978 г.

Для каждой из шести наблюдавшихся звезд было отмечено три положения, при которых происходило действие на резистор, с одинаковым расстоянием между ними, равным предвычисленной величине $\Delta_1 \alpha$. Но особенно убедительными были наблюдения туманности Андромеды (М31) и шарового скопления М2 в Водолее. Так, для туманности Андромеды, по ее действию на резистор, удалось получить три профиля, разделенных промежутком в $190''$ (по α), что соответствует скорости $v = -260$ км/с. По δ скорость получилась значительно меньше: $v = +71$ км/с. Таким образом, вместе с лучевой скоростью, впервые для галактик, удалось определить полный вектор скорости движения. Шаровое скопление тоже показало три действовавших изображения, разделенных расстоянием в $122''$ ($v = +210$ км/с). Все эти наблюдения и их результаты излагаются подробно в другой статье.

Мир Минковского оказался не математической схемой, а реальной геометрией нашего Мира. В этом мире будущее уже существует, и поэтому не удивительно, что его можно наблюдать сейчас. Казалось бы, что при строгой детерминированности законов природы такая возможность не дает ничего нового, поскольку будущее может быть рассчитано и предсказано с любой степенью точности. Однако возможность наблюдать содержит существенно новое явление физического воздействия будущего системы на ее настоящее. Например, на рис. 1 будущее звезды по линии III — \oplus может воздействовать на Землю, а отсюда по мгновенной связи \oplus — I может изменить и состояние звезды в настоящий момент. Таковую возможность создают физические свойства времени, потому что благодаря им события не только существуют во времени, но и происходят с его участием. Таким путем время вносит в Мир свои свойства и освобождает его от жесткого детерминизма Лапласа. Если же нельзя точно предсказывать будущее, то возможность его наблюдать становится не тривиальной и может вызвать в настоящем такие изменения, которые нарушат это будущее. Надо полагать поэтому, что изображение будущего всегда размыто, и его можно наблюдать с той же отчетливостью, как прошлое,

только при обратимых явлениях, как, например, в движении звезд. Это означает, что судьба существует не с полной безусловностью. В нее можно вносить поправки, как это сделал в знаменитом сказании Вещий Олег, отказавшись от коня, от которого его все же, хоть и косвенно, постигла смерть, предсказанная кудесником.

Сказанное здесь о будущем имеет значение и для прошлого. Ведь наше настоящее является для него будущим, и, значит, посредством времени можно вносить поправки не только в будущее, но и в прошлое. Настоящее же образовалось причинно из того прошлого, которое было без наших поправок, и, следовательно, эти поправки не могут повлиять на него и будущее. Хотя через время и возможно воздействие на прошлое, но оно не может оказать влияния на ход дальнейших событий.

Возможность будущим вызывать явления в настоящем означает обращение причинной связи, которое будет восприниматься как телеологическая направленность. Поэтому кроме основного вопроса познания «почему» становится законным и вопрос «для чего». При обращении причинных связей должно обращаться и обычное явление раздробления причины на многочисленные следствия, вызывавшее рост энтропии. Из-за этого может возникнуть тенденция стягивания к единству, к росту организованности и уменьшению энтропии. Поэтому активное участие времени должно оживлять мир и противодействовать его тепловой смерти.

УКАЗАТЕЛЬ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Kozyrev N. A.* On the possibility of experimental investigation of the properties of time // *Time in Science and Philosophy*. — Prague: Academia, 1971. — P. 111–132.
2. *Козырев Н. А.* Астрономические наблюдения посредством физических свойств времени // *Вспыхивающие звезды: Труды симпозиума, приуроченного к открытию 2,6-м телескопа Бюраканской астрофизической обсерватории, Бюракан, 5–8 октября 1976 года*. — Ереван: Изд-во АН Армянской ССР, 1977. — С. 209–227.
3. *Козырев Н. А., Насонов В. В.* Новый метод определения тригонометрических параллаксов на основе измерения разности между истинным и видимым положением звезды // *Астрометрия и небесная механика*. — М.; Л., 1978. — С. 168–179. — (Проблемы исследования Вселенной; Вып. 7).