

ОСНОВАНИЕ МИРА МИНКОВСКОГО КАК МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ: К ОТВЕТУ НА ВОПРОС РИМАНА

И.А. Еганова¹

к.ф.-м.н., с.н.с. ИМ СО РАН, e-mail: eganova@math.nsc.ru

В. Каллис²

к.ф.-м.н., Dr. rer. nat., гл.н.с. ЛИТ ОИЯИ, e-mail: wkallies@jinr.ru

¹Институт математики им. С.Л. Соболева, Сибирское отделение РАН,
Новосибирск, Россия

²Лаборатория информационных технологий, Объединённый институт ядерных
исследований, Дубна, Россия

Аннотация. Поднимается известный вопрос Б. Римана — о «внутренней причине возникновения метрических отношений в пространстве» — по отношению к Миру событий. Показана актуальность этого вопроса для пространства-времени: его решение выявляет основание Мира Минковского, приводит к новым представлениям о взаимосвязях в Мире событий и принципиально новым способам исследований. Осуществлённый концептуальный обзор развития подхода А.Д. Александрова к вопросу Римана ведётся по плану: **1.** Показано, что подход Александрова завершает определённую последовательность работ в истории Мира событий, а именно: Г. Минковского, А.А. Фридмана и Н.А. Козырева. **2.** Установлено, что на основе анализа способов измерения времени в работах Фридмана и Дж.Л. Синга и решения Дж.Дж. Уитроу проблемы стандартных часов является *априорная взаимосвязь* одновременных мировых событий, которая может обуславливать метрику Мира событий. **3.** Принято во внимание, что суть процессов, используемых при измерении времени, указывает путь к нахождению возможности наблюдения определённого явления, которое связано с данной априорной взаимосвязью. Получено математическое соотношение, показывающее, что этим явлением выступает воздействие внешних необратимых процессов на внутреннее состояние сложных систем любого происхождения, которое изучено в работах Козырева и обосновывает представления И. Пригожина о «конструктивной» роли необратимых процессов в мироздании. **4.** Рассматриваются соответствующие результаты астрономических наблюдений и перечисляются открывшиеся возможности для междисциплинарных исследований.

Ключевые слова: Мир Минковского, Мир событий, пространство-время, метрика пространства-времени, измерение временных интервалов, проблема стандартных часов, необратимые процессы.

1. Введение

В своей знаменитой вступительной лекции в Гёттингене «О гипотезах, лежащих в основании геометрии» 10 июня 1854 года¹ Б. Риман выделил, в частности, фундаментальнейший гносеологический вопрос — о «внутренней причине возникновения метрических отношений в пространстве». Причём он сразу указал, что решение этого вопроса выходит за пределы геометрии: «Здесь мы стоим на пороге области, принадлежащей другой науке — физике» [1, с. 32–33]. У Римана речь идёт об обычном геометрическом пространстве, а особо интригующе звучит этот вопрос, когда он адресуется к Миру Минковского (Миру событий, пространству-времени) — к современной четырёхмерной модели физической реальности в физической теории. В этом случае вопрос Римана касается причины, обуславливающей единую геометрию для пространства и времени. (Мы увидим, что фактически речь идёт о природе априорной, т.е. «врождённой», причинной взаимосвязи четырёхмерных событий, «скрывающейся» за метрикой пространства-времени.) К сожалению, исторически сложилось так, что, хотя современная математическая модель объективной реальности была публично провозглашена Г. Минковским 21 сентября 1908 года в его ярком докладе «Пространство и время» [2], этот вопрос Римана, даже по отношению к пространству, в случае пространства-времени не задавался и не исследовался все последующие почти семьдесят лет. Он возник только в работах А.Д. Александрова (см., например, [3]), где автор обратил внимание на вопрос Римана и, проанализировав ситуацию и углубив господствующие представления о пространстве-времени, предложил *философско-физический* подход к нему. Цель предлагаемой статьи — дать концептуальный обзор работ, которые фактически развили подход Александрова к вопросу Римана по отношению к пространству-времени и привели к новым физическим представлениям. Другими словами, вскрыть физическое основание Мира Минковского как математической структуры и тем самым показать, почему далеко не безразлично, на какие представления о сущности Мира событий опирается та или иная физическая теория. В следующем разделе, п. 2, показано, что подход Александрова завершает определённую историческую линию в развитии представлений о Мире событий. В п. 3 известные отдельные заключения и математические результаты складываются в единую цепь, выявляющую причинную физическую взаимосвязь четырёхмерных событий, принадлежащих одному и тому же моменту времени (т.е. с одной и той же временной координатой).

Дать чисто *физический* ответ на вопрос Римана по отношению к Миру событий означает указать определённое наблюдаемое физическое явление, которое связано с существованием метрики пространства-времени, т.е. чётко указать, где и при каких условиях будет наблюдаться определённое явление, какие физические свойства будут ему присущи. Таким явлением оказалось явление несилового иницирующего дистанционного влияния внешних необрати-

¹Впервые эта лекция была опубликована в 1868 году: Riemann B. Über die Hypothesen, welche der Geometrie zu Grunde liegen // Nachrichten K. Gesellschaft Wiss. Göttingen, Bd. 13, 1868, S. 133–152, см. [1].

мых процессов любой природы на внутреннее состояние сложных структурированных систем любого происхождения. С помощью этого явления Н.А. Козыревым был предложен новый метод астрономических наблюдений, который позволил наблюдать реалии Мира событий. В п. 4. результаты этих наблюдений сопоставляются свойствам структуры Мира Минковского. В заключении, п. 5, подводятся итоги и указываются новые возможности для экспериментальных исследований причинных связей в Мире событий, на которые указал Александров в предложенном им определении пространства-времени.

2. Необходимый экскурс в историю Мира событий

По-видимому, А.А. Фридман был единственным из современников создателей специальной теории относительности, кто проникся необходимостью анализа Мира событий как математической модели физической реальности. В его книге [4] «Мир как пространство и время» (1923) был дан наглядный анализ основополагающих физических категорий — пространства, времени и движения, что существенно обосновало Путь, провозглашённый в 1908 году Минковским. Таким образом, только Фридман взялся за продолжение Дела Минковского, который так быстро — через три с половиной месяца после своего знаменитого доклада — преждевременно ушёл в лучший мир. Возможно, именно поэтому физики, за немногими исключениями, восприняли и усвоили пространство-время номинально, чисто формально, не распознав его сущности, только как некий математический формализм, что справедливо подверг критике Александров в статье [3]. Тем самым была проигнорирована и позиция самого А. Эйнштейна: известно, что в своей лекции о сущности теории относительности [5] в 1921 году в Принстоне он не только высоко оценил вклад Минковского и его роль в создании специальной теории относительности, но также ясно выразил своё мнение о Мире событий как *физической реальности*. К сожалению, и поныне широко распространено мнение о пространстве-времени как удобном, но воображаемом, фиктивном математическом формализме². Поэтому аксиоматический подход к теории относительности в работах Александрова, которому посвящена монография А.К. Гуца [8], анализ специальной теории относительности [9], проведённый в 1980-х годах А.А. Логуновым, и детальное рассмотрение четырёхмерного Мира Минковского [10] А.А. Сазановым были насущно необходимы, и они по-прежнему актуальны. И несомненно, весьма актуально продолжающееся переиздание и перевод на другие языки книги Фридмана [4] (см., например, [11]). Эта книга особо выделяется своим отношением к временному аспекту объективной реальности; в ней рассмотрены главные вопросы, относящиеся ко времени: время как сердцевина Мира событий, как особый аспект объективной реальности.

Во-первых, Фридман показал, что сердцевина физической сущности преобразования Лоренца заключена в идее о времени как равноправной координате в системе отсчёта. В этом статусе оно не может отличаться от пространственных

²Как показано в статье [6] одного из авторов (В.К.), этому весьма поспособствовало соглашение учёных, принятое на «Мюнхенской религиозной беседе», см. также [7, с. 241].

координат. Это означает, что *временная координата обладает объективной реальностью так же, как пространственные координаты, и Мир событий есть математическая модель физической реальности*. Во-вторых, что особо важно, Фридман не отождествляет временную координату с пространственными, имея в виду их *функциональное различие в мироздании*. Так, его анализ пространства как аспекта объективной реальности заканчивается чётким выводом: «Итак, мы совершенно не можем производить физические действия, нужные для экспериментального установления физической геометрии в трёхмерном пространстве; для нас эти действия столь невозможны, сколь невозможны для нас физические действия в двумерном пространстве, где нельзя поместить наших приборов и где мы не можем поместиться сами. Причина этих затруднений — *время*, без которого нет пространства и которое обуславливает не физическое трёхмерное пространство, а физическое четырёхмерное пространство — мир» [4, с. 47–48].

Если мы восприняли и поняли, что Мир событий есть объективная реальность, тогда перед нами немедленно раскрывается новое поле деятельности для наших исследований.³ По логике вещей два органически связанных, содействующих друг другу аспекта физической реальности — пространственный и временной — должны играть разную роль в мироздании. Временной аспект не копирует пространственный — он имеет своё функциональное назначение и, соответственно, свои специфические свойства, так что весьма привлекательно и необходимо их изучать.

Итак, для Фридмана время не растворяется в многомерном пространстве, и он начинает обсуждать особые свойства временной координаты и в результате выдвигает как чрезвычайно важную новую физическую проблему — *проблему возвращения времени его исключительного положения в физике, связанного с ключевым свойством мироздания — с причинностью*. Он сразу же предлагает определённый теоретико-математический подход к этой проблеме. К сожалению, предложенный Фридманом подход к сформулированной им важнейшей проблеме не состоялся — вскоре он, подобно Минковскому, преждевременно уходит из жизни.

Дело Минковского–Фридмана было продолжено только спустя тридцать лет Н.А. Козыревым — в его теоретических и экспериментальных исследованиях физических свойств времени, времени как аспекта физической реальности (см. [12]). Насущную целесообразность таких исследований он узрел независимо в результатах своего анализа и синтеза многочисленных наблюдательных данных астрономии в поиске пути решения фундаментальной астрономической проблемы — об источниках звёздной энергии [12, с. 71–154]⁴. В своих астрофизических изысканиях Козырев увидел, что необходимо рассматривать про-

³О чём Минковский заявил в самом начале своего доклада: о силе предлагаемых новых воззрений на пространство и время и о их радикальной тенденции.

⁴Детальный концептуальный анализ этого фундаментального исследования в двух частях, опубликованных в 1948 и 1951 годах, а также критика позиции его оппонентов имеются в монографии [13] одного из авторов (И.Е.). Заметим, что в 2005 году в статье [14] был опубликован английский перевод этого исследования Козырева.

странство и время как два органически, врождённо взаимосвязанных аспекта реальности; причём пространство играет пассивную роль, тогда как время играет активную роль в мироздании, связанную с фундаментальным свойством мироздания — с причинностью.

Таким образом, исторически сложилось так, что фактически Козырев обратился к проблеме, выдвинутой Фридманом, и разрешил её, ибо его теоретические и экспериментальные физические исследования действительно вернули времени его исключительное положение в физике, связанное с причинностью, — им были успешно заложены основы причинной или несимметричной механики [12, с. 232–312] (см. также [13, с. 87–136]). Подчеркнём, что причинная механика не является альтернативой классической механике, она только дополняет её принципом причинности и представлениями о свойствах временного аспекта, связанных с причинностью.

Наконец, вслед за созданием (1959) причинной или несимметричной механики в арсенале теоретических средств физики появляется сформулированное Александровым на основе философского определения пространства-времени как формы существования материи его физическое определение, в котором причинность фигурирует явным образом [3, с. 135] (см. также [8, с. 66]): *«Пространство-время есть множество всех событий в мире, отвлечённое от всех его свойств, кроме тех, которые определяются отношениями воздействия одних событий на другие»*. Добавим, что то, что данное определение пространства-времени действительно возможно в рамках теории относительности, было доказано Александровым чисто математически [15].

Определение пространства-времени, предложенное Александровым, фактически уже содержит в себе ответ на вопрос Римана (и по отношению к пространству, и по отношению к пространству-времени), ибо указывает, что структуру пространства-времени формируют отношения воздействия, т. е. причинные отношения в мироздании, а все метрические отношения задаются структурой: *«Отношения воздействия, определяя структуру пространства-времени, определяют вместе с ней и геометрию — метрику пространства»* [3, с. 137].

Чтобы теперь извлечь какую-либо конкретную информацию о характере воздействий, обуславливающих метрику пространства-времени, следует опереться на особые свойства времени, поскольку именно оно (а не пространство!) является, как показал Фридман в [4], сердцевинной Мира событий, и на определение пространства-времени, сформулированное Александровым. Такой подход мы продемонстрируем в следующем разделе.

3. Априорная взаимосвязь одновременных мировых событий

В анализе понятия длительности, т. е. временного интервала между событиями, Фридман прежде всего выделил и подчеркнул исключительное обстоятельство, а именно: в отличие от остальных физических величин длительность измеряется не напрямую, а через посредство использования некоторого реаль-

ного «движения» (например, процесса), которое может играть роль «часового механизма». Поскольку не любое движение (процесс) является таковым, он предложил именовать движение (процесс), которое может использоваться в приборе для измерения времени (т. е. часах), *основным*.

Допустим, некоторый процесс λ принадлежит классу основных процессов. Определим меру длительности, следуя Дж. Л. Сингу [16, гл. III, § 2]: в качестве пробной⁵ меры длительности будем рассматривать ключевую характеристику процесса λ , которую будем обозначать через τ_λ . Т. е., если событию i соответствует значение этой характеристики, равное $\tau_\lambda(i)$, а событию j — $\tau_\lambda(j)$ (для определённости пусть $i \prec j$, где знак \prec означает «предшествует»), временному интервалу между событиями i и j ставится в соответствие произошедшее за этот промежуток времени изменение величины этой характеристики

$$\tau_\lambda(i) - \tau_\lambda(j) \equiv \tau_\lambda(i, j) \quad \forall i \prec j.$$

Синг справедливо полагает, что такая мера в силу своей произвольности не имеет глубокого физического смысла и понятие длительности следует связывать с существованием «стандартных» (например, «атомных») часов. Таким образом, оказывается, что понятие длительности основывается на неких стандартных процессах, поэтому естественно возникает вопрос об обосновании объективного выбора этих стандартных процессов (обсуждение этого вопроса (1960) см. в [16, с. 99–101]). Вскоре, в 1961 году, Дж. Дж. Уитроу предложил оригинальный подход к проблеме стандартных часов, который даёт возможность чисто математически обнаружить причинную взаимосвязь, которая способна обуславливать структуру пространства-времени. Укажем узловые моменты подхода Уитроу.

Рассматривая проблему стандартных часов, Уитроу [17, гл. III, § 8] выделил главный момент в измерении времени: *мера длительности, которая состоит из двух последовательных длительностей, должна быть равна арифметической сумме их мер*. Данное заключение отражает сложившиеся представления об аддитивности временных промежутков:

$$t(i, j) + t(j, k) = t(i, k) \quad \forall i \prec j \prec k, \quad (1)$$

где $t(a, b)$ — истинная мера длительности между событиями a и b , $a \prec b$.

Далее Уитроу исходит из того очевидного факта, что при использовании некоторой пробной меры τ_λ может оказаться, что

$$\tau_\lambda(i, j) + \tau_\lambda(j, k) \neq \tau_\lambda(i, k) \quad \forall i \prec j \prec k. \quad (2)$$

(Например, когда в качестве основного процесса λ использовался бы процесс радиоактивного распада и в качестве τ_λ фигурировала бы доля распавшихся атомов [17, гл. III, § 8].) И чтобы выяснить, чем же стандартный основной процесс отличается от не стандартного, Уитроу предлагает для пробной меры,

⁵Речь может идти только о *пробной*, а не *истинной* мере, поскольку предварительно необходимо соответствующим образом обосновать выбор процесса λ .

при которой имеет место неравенство (2), рассмотреть возможность введения специального временного сложения \oplus , удовлетворяющего условию (1):

$$\tau_\lambda(i, j) \oplus \tau_\lambda(j, k) = \tau_\lambda(i, k) \quad \forall i \prec j \prec k. \quad (3)$$

На этом пути ему удалось чисто аналитически показать, что временное сложение (3) определяется формулой

$$\tau_\lambda(i, j) \oplus \tau_\lambda(j, k) = \varphi_\lambda^{-1}\{\varphi_\lambda(\tau_\lambda(i, j)) + \varphi_\lambda(\tau_\lambda(j, k))\} \\ \forall i \prec j \prec k, \quad (4)$$

где φ_λ — соответствующая процессу λ монотонная функция одной переменной, φ_λ^{-1} — обратная функция. При этом он основывался только на бесспорных общеизвестных свойствах временных промежутков: на их коммутативности, т. е.

$$\tau_\lambda(i, j) \oplus \tau_\lambda(j, k) = \tau_\lambda(j, k) \oplus \tau_\lambda(i, j) \quad \forall i \prec j \prec k,$$

и ассоциативности относительно сложения, т. е.

$$\tau_\lambda(i, j) \oplus (\tau_\lambda(j, l) \oplus \tau_\lambda(l, k)) = (\tau_\lambda(i, j) \oplus \tau_\lambda(j, l)) \oplus \tau_\lambda(l, k) \\ \forall i \prec j \prec l \prec k.$$

Формула (4) указывает, что, в принципе, каждый основной процесс λ может быть использован как стандартный с помощью меры

$$t(i, j) = \varphi_\lambda(\tau_\lambda(i, j)) \quad \forall i \prec j,$$

которая удовлетворяет условию (1) и является истинной мерой длительности между событиями i и j , будучи, как было показано [17, гл. III, § 8], *единственной* с точностью до мультипликативной константы, т. е. для любого основного процесса λ в общем виде

$$t(i, j) = C_\lambda \cdot \varphi_\lambda(\tau_\lambda(i, j)) \quad \forall i \prec j, \quad (5)$$

где C_λ — масштабный множитель для основного процесса λ .

Таким образом, Уитроу разрешил проблему стандартных часов: *стандартные часы — это часы с аддитивной шкалой*; если пробная мера τ_λ , выбранная при использовании основного процесса λ , не удовлетворяет условию (1), мы всегда можем однозначно до масштабного множителя отобразить её с помощью функции φ_λ на аддитивную меру (5).

Как уже упоминалось, подход Уитроу к проблеме стандартных часов открыл возможность обнаружить априорную взаимосвязь событий, принадлежащих одному моменту времени [18]. Действительно, рассмотрим ряд основных процессов λ, μ, ν, \dots , которым соответствуют истинные меры длительности $C_\lambda \varphi_\lambda(\tau_\lambda), C_\mu \varphi_\mu(\tau_\mu), C_\nu \varphi_\nu(\tau_\nu), \dots$, где $C_\lambda, C_\mu, C_\nu, \dots$ — масштабные факторы, соответствующие процессам λ, μ, ν, \dots . Принимая во внимание объективную

реальность и универсальность времени, т.е. независимость измеренной величины длительности между любыми событиями i и j от механизма $(\lambda, \mu, \nu, \dots)$ измеряющих её стандартных часов (разумеется, в одной и той же системе отсчёта), следует сделать вывод, что должно иметь место соотношение

$$C_\lambda \varphi_\lambda(\tau_\lambda(i, j)) = C_\mu \varphi_\mu(\tau_\mu(i, j)) = C_\nu \varphi_\nu(\tau_\nu(i, j)) = \dots \quad \forall i \prec j. \quad (6)$$

Соотношение (6) означает, что все основные процессы λ, μ, ν, \dots , которые фигурируют в измерениях как независимые, в действительности не протекают абсолютно независимо: они «согласованы», т.е. имеется *априорная взаимосвязь* их ключевых характеристик $\tau_\lambda, \tau_\mu, \tau_\nu, \dots$, которая не связана с явлением «распространения действия» в пространстве⁶, а обусловлена их *общим существованием во времени*. Фактически эта взаимосвязь свидетельствует о едином осуществлении («течении») основных процессов, которое в философии ассоциируется с понятием о едином Мировом процессе. Как видим в (6), данная взаимосвязь относится к временному аспекту и охватывает одновременные мировые события. Во временном аспекте нет «распространения» (как и нет «расстояний») — весь Мир проецируется на ось времени в одну временную точку — так что априорная связь (6) может рассматриваться как «мгновенное» действие, или действие на расстоянии. Именно такая априорная взаимосвязь способна обеспечить метрику пространства-времени.

Естественно, немедленно возникает вопрос: «Как мы можем выявить существование такой априорной взаимосвязи в наших наблюдениях?» В принципе, обнаруживается следующий путь: следует обратить внимание на необратимые процессы, поскольку они относятся к классу основных процессов, точнее — на внешние необратимые процессы и сложные системы, которые имеют внутреннюю структуру и пребывают в различных внутренних состояниях. В таких системах имеются соответствующие внутренние необратимые процессы, поэтому должно наблюдаться иницирующее влияние на внутреннее состояние сложных систем со стороны внешних необратимых процессов.

Таким образом, на основе заключений Фридмана и Синга о возможных способах измерения временных интервалов и решения проблемы стандартных часов Уитроу выявляется априорная взаимосвязь одновременных мировых событий, которая способна обуславливать метрику пространства-времени, и может быть указано физическое явление, которое должно быть связано с его структурой. В следующем разделе будут рассмотрены наглядные экспериментальные подтверждения этих выводов.

4. Примеры проявления структуры Мира событий

Иницирующая роль внешних необратимых процессов в мироздании капитально обсуждалась в монографии И. Пригожина [19]. Его общетеоретические

⁶Пример подобной взаимосвязи можно увидеть в физическом явлении, которое скрывается за известным в физике частиц принципом Паули.

рассуждения являются действительно значимыми в свете многочисленных экспериментальных результатов Козырева, который за двадцать лет до появления идей Пригожина о «конструктивной роли» необратимых процессов в возникновении, существовании и эволюции сложных систем, «о времени и сложности в физических науках» обнаружил и целенаправленно исследовал фундаментальнейшее физическое явление — явление дистанционного воздействия внешних необратимых процессов на состояние вещества сложных систем вплоть до изменения свойств вещества и протекающих в нём явлений (см. [12, с. 165–190, 363–383, 385–400]).

Согласно выводам п. 3, за этим, по своей сути не силовым, воздействием⁷ стоит априорная (постоянная и непрерывная) взаимосвязь одновременных мировых событий. Если действительно априорная взаимосвязь ключевых характеристик основных процессов, принадлежащих одному моменту времени, — физическая реальность, то при ориентации соответствующего телескопа на *истинное* положение звезды (или звёздной системы) необратимые процессы, происходящие в звезде, должны незамедлительно вызывать изменение состояния материальной системы, находящейся в фокальной плоскости телескопа [13, с. 138]. Например, если в качестве системы, т. е. датчика, используется некоторый резистор, должна измениться его физическая характеристика, т. е. сопротивление. Так что, сканируя на небесной сфере суточную параллель звезды или звёздной системы в окрестности её видимого положения, мы можем реакцией такого датчика зарегистрировать её *истинное* положение. Причем, измеряя угловое расстояние $\Delta\alpha$ между направлением на видимую звезду⁸ и тем направлением телескопа, в котором датчик даёт реакцию, можно проверить интерпретацию этого направления как *направления именно на истинную звезду* с помощью следующих формул, которые определяют тригонометрический параллакс звезды π в секундах дуги (см. рис. 1):

$$\pi = \frac{1 \text{ а. е.}}{1 \text{ год}} \cdot \frac{\mu_\alpha}{c \Delta\alpha_\odot} = 3,26 \frac{\mu_\alpha}{\Delta\alpha_\odot}, \quad (7)$$

$$\Delta\alpha_\odot = \Delta\alpha - A_\alpha, \quad (8)$$

где c — скорость света в вакууме, μ_α — собственное движение звезды по прямому восхождению α , а $\Delta\alpha_\odot$ — угловое расстояние между видимой и истинной звёздой по прямому восхождению, отнесённое к Солнцу, а A_α — разность

⁷Пользуясь терминологией кибернетики, его (как и воздействие, скрывающееся за упомянутым принципом Паули) следует рассматривать как информационное (ср. с термином «информационный процесс»). В связи с этим обратим внимание на главный принцип существования сложных структурированных систем (П.К. Анохин, см., например, [20, с. 51]): самым существенным фактором в организации целостной системы является циркуляция в ней информации; только благодаря непрерывному обмену информацией между отдельными частями системы может осуществляться их организованное взаимодействие, заканчивающееся полезным эффектом.

⁸Заметим, что поскольку в исследуемом явлении отсутствует «носитель» воздействия — данная взаимосвязь априорная (т. е. «врождённая»), для неё явление рефракции отсутствует. Поэтому целесообразно наблюдать звезду, когда она находится в меридиане и рефракция её света будет ничтожной, тогда не требуется учитывать соответствующие поправки на рефракцию в формуле (8).

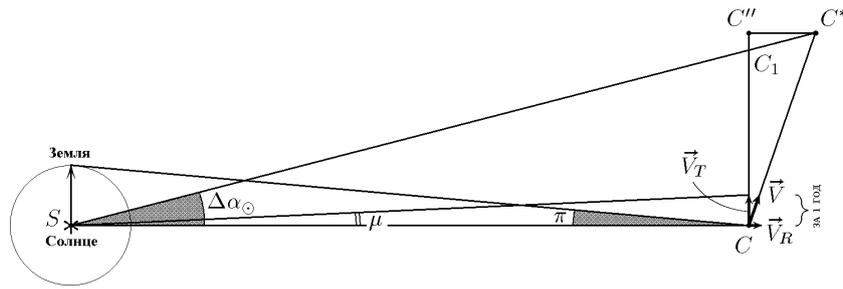


Рис. 1. Геометрия наблюдений с позиций Солнца. C — видимое, а C^* — истинное положение звезды (масштаб, разумеется, не выдержан: C'' практически совпадает с C_1)

между средним и видимым положением, смещённым относительно среднего вследствие годичной аберрации, нутации, собственного движения и прецессии от начала бесселева года.

Именно совпадение величины $\Delta\alpha_{\odot exp}$, полученной по формуле (8) в наблюдениях десятков звезд: $10UMa$, αLeo , γBoo , εBoo , αLyr , ιPer , τPer , $\zeta^2 Aqr$, βPer и др. (разной звёздной величины, разных спектральных типов, с разнообразными собственными движениями), и той же величины, $\Delta\alpha_{\odot theor}$, вычисленной по формуле (7) с помощью известных данных по каталогу тригонометрических звёздных параллаксов, дало основание Козыреву неоспоримо утверждать, что регистрируется реакция датчика именно на истинное положение звезды, и предложить данный способ наблюдений как новый, *прямой*, метод определения тригонометрических параллаксов звёзд (см. [21]). В дальнейшем факт возможности регистрации наземным датчиком истинного положения звёзд и звёздных систем был подтверждён в независимых наблюдениях других авторов [21–23]. Таким образом, было экспериментально подтверждено, что рассмотренная выше априорная связь мировых событий, принадлежащих одному моменту времени, — физическая реальность.⁹

Теперь сопоставим свойства структуры Мира Минковского с наблюдаемыми реакциями датчика. Так, поскольку речь идёт об априорной связи одновременных мировых событий, при использовании четырёхмерной псевдоевклидовой модели физической реальности, кроме рассмотренной выше реакции датчика на проекцию на небесную сферу события C^* (см. рис. 2), — мы называем это событием «Истинный звёздный объект» (т. е. «Истинная звезда» или «Истинная звёздная система») — следует ожидать ещё две реакции датчика, которые

⁹Здесь имеет смысл подчеркнуть, что обсуждаемое дистанционное воздействие внешних необратимых процессов и сама способность сложных систем испытывать это воздействие отличаются особыми специфическими свойствами [13, с. 137–139], которые не позволяют предположить, что наблюдаемая реакция на истинное положение звезды — проявление какого-либо особого физического поля. Так, например, идея воздействий, обсуждаемых в работах [24, 25], сразу отвергается фактом наличия реакции на звёздные процессы только у резисторов определённого типа, который зависит от способа их изготовления. Вообще говоря, отсутствие рефракции свидетельствует об отсутствии материального «носителя» наблюдаемого воздействия, что явно противоречит любой идее о каком-либо физическом поле.

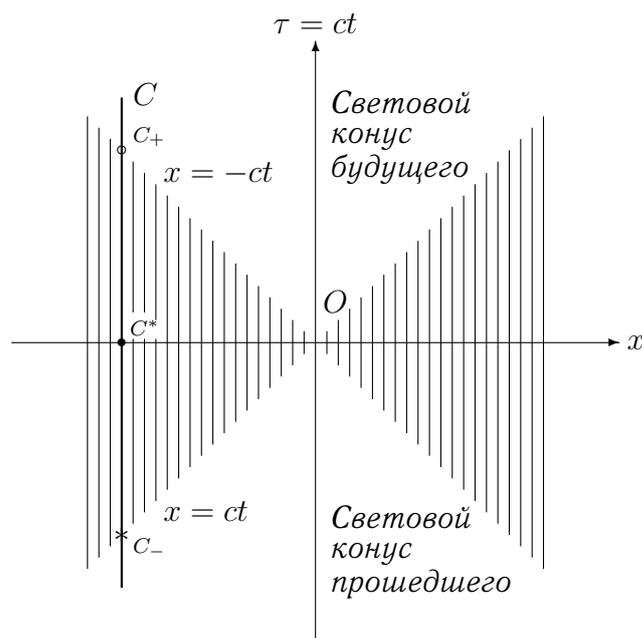


Рис. 2. Сечение светового конуса плоскостью (x, τ) . Обозначения: O — наблюдатель на Земле, C — мировая линия звёздного объекта (звезда или звёздная система), C_-, C^* и C_+ — события «Видимый», «Истинный» и «Симметричный звёздный объект»

соответствуют двум событиям, находящимся на световом конусе¹⁰, а именно:

1. Когда телескоп направлен на проекцию на небесную сферу четырёхмерного события C_- (см. рис. 2) — это положение объекта в прошлом, в момент, когда им был испущен свет, достигший Земли в момент наблюдения ($N.V!$: это положение на небесной сфере отличается по положения видимого объекта на величину рефракции на момент наблюдения).

2. Когда телескоп направлен на проекцию на небесную сферу четырёхмерного события C_+ (см. рис. 2) — это положение объекта в будущем, в момент, когда его достигнет световой сигнал, испущенный с Земли в момент наблюдения.

Действительно, Козырев сразу обнаружил эти две реакции своего датчика¹¹ и на этой основе сделал заключение о физической реальности геометрии Минковского [26]. Здесь имеет смысл заметить, что Мир Минковского лежит в основе релятивистской теории гравитации Власова–Логунова–Мествиришвили [27].

Для полученного заключения о реальности геометрии Минковского весьма наглядны и доказательны следующие результаты сканирования суточной

¹⁰Напомним, что события на световом конусе относятся к одному и тому же моменту времени.

¹¹При наблюдении реакции датчика на проекцию события «Видимая звезда» в случае, когда рефракция ничтожна и эта проекция совпадает с видимой звездой, чтобы снять вопрос о влиянии светового излучения на датчик, он проводил наблюдения при закрытой апертуре телескопа дюралевой диафрагмой.

параллели такого протяжённого крупномасштабного звёздного объекта как туманность Андромеды (галактика М 31) [28] (см. [13, с. 160–166]):

- наблюдались три реакции датчика на проекции протяжённых событий «Видимая М 31», «Истинная М 31» и «Симметричная М 31»;
- одновременный визуальный контроль с помощью визирного приспособления, который осуществлялся во время этого наблюдения, не обнаружил какого-либо небесного объекта, который бы проецировался на чувствительный элемент датчика во время записи профилей проекций событий «Истинная М 31» и «Симметричная М 31»;
- размер профилей проекций протяжённых событий «Истинная М 31» и «Симметричная М 31» по прямому восхождению и по склонению соответствует размерам туманности Андромеды;
- угловые расстояния и между проекциями событий «Видимая М 31» и «Истинная М 31», и между проекциями событий «Истинная М 31» и «Симметричная М 31» составляют $(188 \pm 2)''$ по прямому восхождению и $(34 \pm 2)''$ по склонению, что соответствует принятым данным наблюдений по этой галактике;
- *N. V!*: угловое расстояние между проекцией события «Видимая М 31» и видимой М 31 было порядка $23''$ по склонению, что соответствует значению рефракции видимого положения этого небесного объекта на момент наблюдения — это значение равно $23,6''$;
- наконец, структура всех трёх профилей имеет одну и ту же особенность — в центре галактики имеет место уменьшение реакции датчика, что соответствует карте распределения нейтрального водорода в туманности Андромеды, полученной с помощью наблюдательных данных [29]; оно оказалось подобным гигантскому пончику с дыркой в центре вместо ожидаемого дископодобного распределения, которое соответствует распределению звёзд в этой галактике.

Таким образом, имеются данные астрономических наблюдений, которые демонстрируют физическую реальность Мира событий Минковского, — козыревский датчик даёт реакцию на проекции на небесную сферу соответствующих событий, которые ещё не наступили (события «Симметричная звезда», «Симметричная звёздная система») и которые уже состоялись (события «Видимая звезда», «Видимая звёздная система») и которые не совпадают с видимым небесным объектом. Эти факты должны напомнить утверждение Эйнштейна, что ни точка в пространстве и ни момент во времени, когда что-либо произошло, не обладают физической реальностью, а только само событие [5, с. 25].

5. Заключение

Подведём итоги. В целом предложенный концептуальный обзор показал, что развитие представлений о пространстве-времени как о математической структуре, обусловленной причинными отношениями (которые являются её основанием), выводят на обнаружение существенно новых физических взаимосвязей

и соответствующих им явлений. Главное достижение, полученное на этом пути, — создание принципиально нового метода астрономических наблюдений. Он открывает следующие заманчивые перспективы:

- возможность экспериментального исследования структуры пространства-времени, прежде всего его метрических отношений;
- возможность экспериментального исследования с помощью соответствующих телескопов влияния космических процессов и явлений на существование и развитие наземных структурированных систем (физических, биологических, геологических);
- возможность получения принципиально новой астрономической информации, не связанной с каким-либо излучением, распространяющимся в пространстве и поставляющим информацию из далёкого прошлого, а получение доступа к информации, которая относится к ранее недоступным моментам.

Наконец, этот метод астрономических наблюдений весомо подтвердил важное гносеологическое утверждение Эйнштейна о том, что физической реальностью обладает именно точка пространства-времени, а не точка пространства сама по себе и не сам момент времени, когда что-либо произошло, что полностью соответствует определению пространства-времени как математической модели физической реальности, другими словами — как формы существования материи, из чего и исходил Александров.¹²

ЛИТЕРАТУРА

1. Риман Б. О гипотезах, лежащих в основании геометрии // Альберт Эйнштейн и теория гравитации. М. : Мир, 1979. С. 18–33.
2. Минковский Г. Пространство и время // УФН. 1959. Т. 69, вып. 2. С. 303–320.
3. Александров А.Д. О содержании теории относительности // Эйнштейн и философские проблемы физики XX века. М. : Наука, 1979. С. 117–137.

¹²Так что в наших экспериментах и наблюдениях мы должны знать, что наша система отсчёта, строго определённая, состоит из отдельной мировой линии (наземный наблюдатель) и ортогональной триады четырёхмерных векторов, ортогональных к ней [16, гл. III, § 5]. Три взаимноортогональных единичных вектора, которые формируют нашу «пространственную» систему отсчёта, на самом деле суть те самые четырёхмерные векторы (пространственноподобные), которые ортогональны единичному касательному (к мировой линии наблюдателя) времениподобному вектору. С помощью реакции сложных систем на необратимые процессы в звёздах и звёздных системах мы можем наблюдать проекции на небесную сферу определённых точек Мира событий как образы соответствующих небесных тел. Геометрия астрономических наблюдений для риманова пространства-времени была детально разработана Сингом [16]. Геометрия солнечных наблюдений для пространства-времени Минковского аналогичным образом рассмотрена в монографии [13]. В отличие от звёздных наблюдений наблюдения с помощью солнечных телескопов происходят в системе отсчёта наземного наблюдателя, где проекция на небесную сферу события «Истинное Солнце» и местоположение самого Солнца различаются на величину порядка четырёх солнечных диаметров. Это дало возможность осуществить неординарный «Солнечный эксперимент» [13], который играет роль *experimentum crucis* для утверждения о физической реальности мировых событий.

4. Фридман А.А. Мир как пространство и время. 2-е изд. М. : Наука, 1965. 112 с.
5. Эйнштейн А. Сущность теории относительности // Эйнштейн А. Собрание научных трудов. Т. 2. М. : Наука, 1966. С. 5–82.
6. Каллис В. О tempora, o mores! «Мюнхенская религиозная беседа» — запрет на объективную модель физической реальности // Еженедельник ОИЯИ «ДУБНА: наука, содружество, прогресс». Дубна, 2013. № 43(4183). С. 6–7. URL: <http://www.info.jinr.ru/jinrmag/win/2013/43/mo43.htm>.
7. Beyerchen A.D. Wissenschaftler unter Hitler. Physiker im Dritten Reich / Vorwort K.D. Bracher. Frankfurt/M, Berlin, Wien : Ullstein, 1982. 379 S.
8. Гуц А.К. Хроногеометрия. Аксиоматическая теория относительности. Омск : ООО «УниПак», 2008. 334 с.
9. Логунов А.А. Лекции по теории относительности. Современный анализ проблемы. М. : Изд-во МГУ, 1984. 223 с.
10. Сазанов А.А. Четырёхмерный мир Минковского. М. : Наука, ГРФМЛ, 1988. 224 с.
11. Friedmann A.A. The World as Space and Time. Montreal : Minkowski Institute Press, 2014. 100 p.
12. Козырев Н.А. Избранные труды. Л. : Изд-во ЛГУ, 1991. 447 с.
13. Еганова И.А. Природа пространства-времени. Новосибирск : Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2005. 271 с.
14. Kozyrev N. Sources of Stellar Energy and the Theory of the Internal Constitution of Stars // Prog. Phys. 2005. V. 3. P. 61–99.
15. Alexandrov A.D. A contribution to chronometry // Canad. J. Math. 1967. V. 19, No. 6. P. 1119–1128.
16. Синг Дж.Л. Общая теория относительности. М. : ИИЛ, 1963. 432 с.
17. Уитроу Дж.Дж. Естественная философия времени. М. : Прогресс, 1964. 432 с.
18. Eganova I.A. The World of events reality: instantaneous action as a connection of events through time // Relativity, Gravitation, Cosmology / Eds.: V.V. Dvoeglazov, A.A. Espinoza Garrido. New York : Nova Science Publishers, Inc., 2004. P. 149–162.
19. Пригожин И. От существующего к возникающему: время и сложность в физических науках. М. : Наука, 1985. 328 с.
20. Алексеев Г.Н. Энергоэнтропика. М. : Знание, 1983. 192 с.
21. Lavrent'ev M.M., Eganova I.A. Kozyrev's method of astronomical observations: information from true positions of stars, stellar systems, and planets // Instantaneous Action at a Distance in Modern Physics: «Pro» and «Contra» / Eds.: A.E. Chubykalo, V. Pope, R. Smirnov–Rueda. New York : Nova Science Publishers, Inc., 1999. P. 100–115.
22. Лаврентьев М.М., Еганова И.А., Луцет М.К., Фоминых С.Ф. О дистанционном воздействии звёзд на резистор // ДАН СССР. 1990. Т. 314, № 2. С. 352–355.
23. Акимов А.Е., Ковальчук Г.У., Медведев В.Г., Олейник В.К., Пугач А.Ф. Предварительные результаты астрономических наблюдений неба по методике Н.А. Козырева / Ред. О.В. Мороженко. Препринт ГАО АН Украины ГАО-92-5Р. Киев, 1992. 16 с.
24. Oleinik V.P. Faster-than-light transfer of a signal in electrodynamics // Instantaneous Action at a Distance in Modern Physics: «Pro» and «Contra» / Eds.: A.E. Chubykalo, V. Pope, R. Smirnov–Rueda. New York : Nova Science Publishers, Inc., 1999. P. 237–255.

25. Займидорога О.А. Естественный закон перехода заряженной частицы в связанное состояние под действием электроскалярного поля. Препринт ОИЯИ Р4-2016-91. Дубна, 2016. 12 с.
26. Козырев Н.А. Астрономическое доказательство реальности четырёхмерной геометрии Минковского // Проявление космических факторов на Земле и звёздах. М., Л., 1980. С. 85–93.
27. Логунов А.А., Мествиришвили М.А. Релятивистская теория гравитации. М. : Наука, 1989. 304 с.
28. Козырев Н.А., Насонов В.В. О некоторых свойствах времени, обнаруженных астрономическими наблюдениями // Проявление космических факторов на Земле и звёздах. М., Л., 1980. С. 76–84.
29. Roberts M.S. A high-resolution 21-cm hydrogen-line survey of the Andromeda Nebula // *Astrophys. J.* 1966. V. 144. P. 639–656.

FOUNDATION OF MINKOWSKI'S WORLD AS A MATHEMATICAL STRUCTURE: TO THE ANSWER FOR RIEMANN'S QUESTION

I.A. Eganova¹

Ph.D.(Phys.-Math.), Senior Scientist Researcher, e-mail: eganova@math.nsc.ru

W. Kallies²

Ph.D.(Phys.-Math.), Dr.rer.nat., Head Scientist Researcher, e-mail: wkallies@jinr.ru

¹Sobolev Institute of Mathematics, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

²Laboratory of Information Technologies, Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia

Abstract. In the given article B. Riemann's gnoseological question about an internal cause of initiation of metric relations in space with respect to the World of events (space-time) is raised. On the whole, the relevance of Riemann's question for space-time is shown: its decision visualizes the physical foundation of Minkowski's World, gives new notations about interconnections in the World of events and appreciably new methods for experimental investigations. An executed in the article conceptual review of historical development of A.D. Alexandrov's approach to the Riemann's question is made according to the following plan. **1.** Previously, it was shown that Alexandrov's approach is completing the definite sequence of investigations, namely of H. Minkowski, A.A. Friedman, and N.A. Kozyrev, in the World of events history. **2.** Further, along Alexandrov's line, it is determined that on the basis of Friedman's and J.L. Synge's analysis of methods of temporal intervals measurements and G.J. Whitrow's decision of the problem of the standard clock choice an innate (a priori) interconnection of simultaneous world events, that is able to create the space-time metric, is revealed. **3.** Then we are taking into consideration that the essence of physical processes, which are used for the temporal intervals measurements, indicates in fact some way to finding a possibility of observations of a certain physical phenomenon which is connected with the a priori interconnection of simultaneous world events. Some mathematical relation indicating that as this phenomenon figures the revealed and successively learned by Kozyrev distance-type action of external irreversible processes changing the internal state of any complex, structured systems,

that can be in various internal states, is obtained and analyzed. This phenomenon, in principle, justifies the known I. Prigogine's notations about a constructive function of irreversible processes in the appearance, existence, and evolution of complex systems. **4.** And finally, some results of astronomical observations, which testify about properties of the Minkowski's World structure, are considered and new possibilities for investigations of various branches of science are enumerated.

Keywords: Minkowski's World, World of events, space-time, space-time metric, measurements of temporal intervals, standard clock problem, irreversible processes.

Дата поступления в редакцию: 25.07.2017