

**Интеллектуальный фонд «Социотехника»
Институт перспективных технологий**

СОВРЕМЕННАЯ АНАЛИТИКА ВРЕМЕНИ И МИРОВОЗЗРЕНИЕ

Современное состояние изучения времени:
философский и теоретический аспекты

Новочеркасск 2014

УДК 115:00
ББК 87.21:72
С56

Редакционная коллегия:

В.С. Чураков (председатель редакционной коллегии), **П.Д. Кравченко**,
В.А. Вейник, **С.Л. Загускин**, **Р.Г. Зарипов**, **Т.П. Лолаев**,
В.Е. Мешков, **Ю.В. Никонов**, **Л.А. Штомпель**.

Рецензенты:

канд. техн. наук, доцент **Иванов С.А.**;
канд. философск. наук, доцент **Алексеева О.П.**

С56 **Современная аналитика времени и мировоззрение (Современное состояние изучения времени: философский и теоретический аспекты):** сб. научн. тр./под ред. В.С. Чуракова (серия «Библиотека времени». Вып.11). – Новочеркасск: Изд-во «НОК», 2014. – 196 с.
ISBN 978-5-8431-0314-9

В тематический сборник «Современная аналитика времени и мировоззрение (Современное состояние изучения времени: философский и теоретический аспекты)» включены работы философов и ученых, проводящих исследования в области изучения проблемы времени в культуре, философии и науке. Сборник адресован, прежде всего, ученым и философам, работающим в данных направлениях, а также всем читателям, интересующимся современным состоянием работ по изучению проблемы времени.

УДК 115:00
ББК 87.21:72

ISBN 978-5-8431-0314-9

© Авторы статей, 2014

© Чураков В.С., научное редактирование,
предисловие и составление, 2014

ПРЕДИСЛОВИЕ

В тематический сборнике «Современная аналитика времени (Современное состояние изучения времени: философский и теоретический аспекты)» три раздела: «НАУКА», «ФИЛОСОФИЯ» и «АРХИВ ВРЕМЕНИ».

В разделе «НАУКА» пять работ. Раздел открывается статьёй Короткова А.В. и Чуракова В.С. «Многомерные алгебры и структура пространства», из которой следует, что следуя современным многомерным представлениям, можно попытаться постичь структуру пространства...

Следующая работа раздела – это статья раздела Мельникова Г.С. «О применении би-финслероидной модели пространства-времени», являющаяся продолжение цикла его работ. Она доступно написана и хорошо проиллюстрирована. Далее следуют две статьи Ю.В.Никонова «О прогрессирующей амнезии, «метках времени» и сложных временных сетях» и «Память и время в модели индивидуальной сети ветвлений Эверетта человека». Работы интересные и доступные для понимания неспециалистов...

Раздел заключает статья Г.Д.Федоровского «Обобщенное время в механике деформирования и разрушения». Это очень оригинальная работа, написанная хорошим научным языком, но требующая определённых знаний для понимания...

Во втором разделе сборника «ФИЛОСОФИЯ» две работы. Это статья А.М.Анисова «Проблема времени и апории Зенона», в которой «логически анализируются апории Зенона Элейского о движении. Обосновывается тезис о том, что суть апорий не в понятии пространства, а в проблеме времени» и статья В.С. Чуракова «Пространство и время в мифе», которая полностью посвящена заявленной теме.

В разделе «АРХИВ ВРЕМЕНИ» три работы. Это статья О.Т.Бенфи «Концепция времени в химии», понятная даже не специалисту, и две работы А.В.Короткова и В.А.Короткова, требующие для своего понимания довольно глубоких физико-математических знаний...

Завершают сборник авторефераты статей и сведения об авторах.

РАЗДЕЛ I.

НАУКА

УДК 114:[510.2:514.7]

©КОРОТКОВ А.В., ЧУРАКОВ В.С., 2014
МНОГОМЕРНЫЕ АЛГЕБРЫ
И СТРУКТУРА ПРОСТРАНСТВА

Структуру пространства следует изучать либо на больших масштабах и расстояниях, либо на чрезвычайно малых. Человек живет в макромире и использует для его изучения и описания человеко-размерные метрические величины: миллиметр, сантиметр, метр, километр и т.д. Причём эти величины используются не только в макромире, но и в мега- и в микромире. В физико-математическом аспекте пространство описывается векторными алгебрами. Векторные алгебры постоянно добавляются: к трёхмерной векторной алгебре добавились семи-, пятнадцати-, тридцатиодномерные векторные исчисления [7;8;9;10;11]. Изучены структурные константы алгебр вплоть до 2047 измерений. Дальше имеющаяся в наличии вычислительная техника совокупно с программным обеспечением не работает с матрицами столь большой размерности. Так вот, размерность алгебр значительно больше трёх... Трёхмерие обеспечивает обратно пропорциональную зависимость от расстояния: сила определяется как $F=1/R^2$. Потенциал $1/R$. Квадратичная зависимость силы от расстояния до нужной частицы определяется в трёхмерном пространстве величиной $1/R^2$.

Многомерные алгебры в отличие от этого, дают следующие размерности: если это семимерная алгебра то $1/R^6$, в пятнадцати мерной $1/R^{14}$, в тридцатиодномерной $1/R^{30}$. Причем степень может неограниченно возрастать. Следующие матрицы, которые дают векторное произведение двух векторов, проверены для 63 измерений, 127-и, 255, 511, 1023, 2047 – это уже всё проверено. Т.о. можно сказать, что в математическом отношении *наше пространство многомерно*. И в результате, алгебры, которые фиксируют силовые воздействия на частицы, могут быть, прежде всего, применены для изучения поведения частиц в области чрезвычайно малых расстояний (микромира). Причём, расстояние может быть сколь угодно малое, но – не нулевое. *Нулевой случай исключён: бесконечно высоких энергий быть не может*. Была предпринята попытка приспособить

многомерные векторные алгебры для описания элементарных частиц [7]. Т.е. применить их на очень малых расстояниях. При этом необходимо помнить, что мы имеем дело в данном случае с объектом, который изучен с одной стороны очень неплохо, а с другой стороны совершенно недостаточно.

Следует отметить следующие возможности описания поведения элементарных частиц: это, прежде всего, описание процессов на малых расстояниях с помощью экспоненциальных и степенных зависимостей от расстояний. Здесь надо вспомнить работы того же Лаггера, того же Планка, а также предшественников М.Планка – Стефана – Больцмана, Вина. Всё это исследователи, сделавшие очень много для описания тепловых процессов – процессов излучения абсолютно черного тела... Формула Планка – это шедевр, который общепризнан. Она, прежде всего, обеспечила то, что в физике появился раздел квантовой механики и появились представления о квантованности объектов и явлений микромира [1]. *Т.о. наряду с веществом и полем, рассматриваемыми в непрерывном пространстве, стали также рассматриваться вещество и поле, связанные с дискретностью пространства.* Это всё позволила формула Планка, которая работает с малыми расстояниями микромира. Следует также отметить положительную черту теории суперструн (при всей её искусственности и отсутствием реальных результатов, которая заключается в том, что теория суперструн признаёт многомерное пространство –11-и мерное (11D), либо пространства других размерностей [3;4;5;13;18]. (Следовало бы добавить замечание Герловина И.Л.– гения, совместно с Протодьяконовым М.М. *открывшим путь к фемтотехнологиям* [14] – о том, что «в течение длительного времени теоретические работы, в которых использовались многомерные и/или расслоенные пространства, рассматривались как подходы, в которых используются изощренные формально-математические методы, не имеющие отношения к реально протекающим процессам в природе. Об эвристической ценности достижений современной математики не было и речи» [2, с.31]).

Попытка применить формулу Планка для описания силовых взаимодействий приводит к необходимости введения понятия *фотонного газа*, введенное Эйнштейном для трехмерного векторного пространства, идеального фотонного газа, который

при нагреве излучает энергию и может потреблять энергию. Энергия излучается и поглощается дискретно по формуле Планка. И это дало основание построить квантовую механику. Формула Планка и постоянная Планка широко задействованы в квантовой механике наряду с прочими дискретными величинами. Однако, когда разрабатывали статистическую физику для изучения поведения фотонного газа, то работы велись в плане трёхмерия с использованием трёхмерной алгебры. Все ученые работали в плане трёхмерия. Это было уже почти сто лет назад и это было очень важное достижение для трёхмерных представлений. Но уже трёхмерные представления потребовали введения многомерных понятий. Поскольку уже не хватило собственно трёхмерной алгебры, то потребовалось ввести фазовое трёхмерное пространство совокупно с трёхмерной алгеброй. Т.е. трёхмерное пространство, задаваемое координатами x, y, z и три координаты импульса P_x, P_y, P_z . Это уже Эйнштейну с Бозе пришлось ввести понятие фазового пространства. В случае многомерия фазовое пространство определяется точно так же, как и в трёхмерии, но только вместо трёх координат импульса и трёх координат расстояния пространства: длины, ширины, высоты, – используется n координат и n координат импульса. Т.о. это ничто иное, как $2N$ фазовое пространство.

Это приводит к тому, что необходимо рассмотреть статистические соотношения, которые позволили бы описать статистику поведения фотонного газа в многомерном пространстве [10]. Уже выявляются следующие закономерности: во-первых, пространство должно иметь определенную размерность, во-вторых, размерность дискретна (1, 2, 3, 4...). В пространстве выделяются пространства, связанные с нечетным рядом чисел: 1, 3, 7, 15, 31, 63...

«Или рекуррентным соотношением

$$P_{n+1} = 3P_n - 2P_{n-1}.$$

Будем рассматривать выражения формулы Планка для размерности пространства $D = 0, 1, 2, \dots$. Формула (Планка) в относительных единицах позволяет построить графики для $E_{z,n}$, как функцию z и n (или D). Эти графики для некоторых значений n приведены ниже. На рис. 1 представлены графики зависимости E_z при $z = z(\lambda)$ и $n = 2, 3, 4 \dots$ Жирной линии соответ-

вует формула Планка, то есть $n = 5$ (или $D = 3$). Амплитуда $E_{n_{\max}}$ резко возрастает с ростом n , что представляет определенные неудобства в работе.

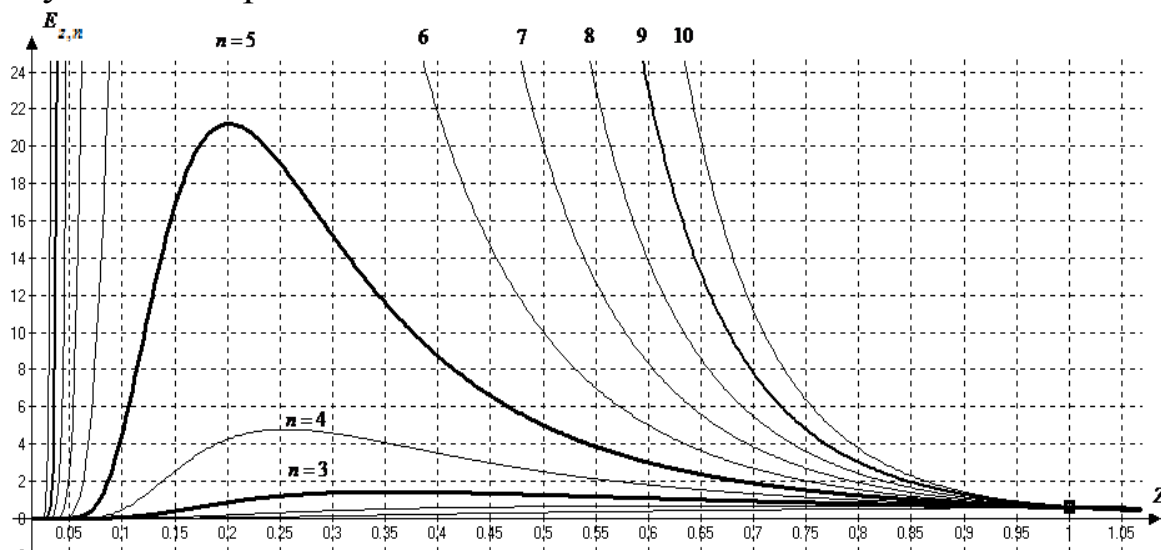


Рис.1

Логарифмический масштаб по оси ординат исключает этот недостаток (Рис.2), но усложняет анализ закономерности.

Рисунки 1 и 2 показывают, что имеют место две точки пересечения кривых Планка для различных значений n , определяемые началом координат и точкой $(1, \frac{-1}{e-1})$ для логарифмического масштаба по оси $\ln E_{n,z}$ или $(1, \frac{1}{e-1})$ для равномерного распределения по оси $E_{n,z}$. Ненулевая точка пересечения кривых может быть использована для целей масштабирования длин. При больших D кривые приобретают свойства единичного импульсного воздействия.

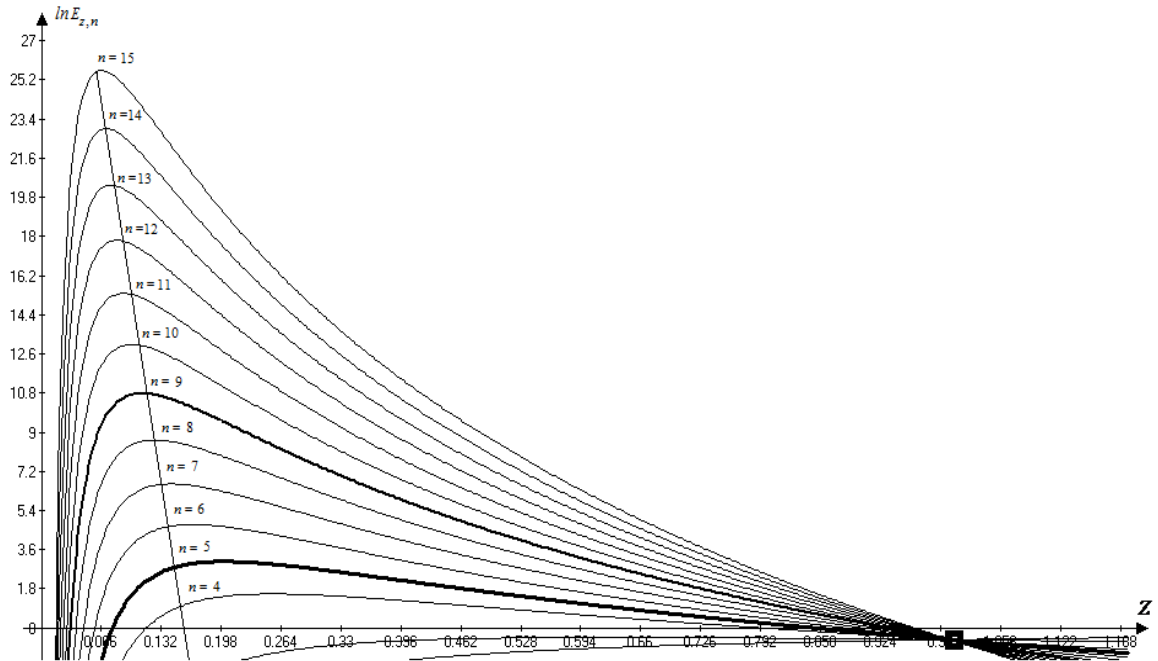


Рис.2

Все графики для формулы Планка при изменении n имеют одинаковую форму, спадающую на малых и больших длинах волн. Увеличение n сопровождается резким ростом амплитуды $E_{n_{\max}}$. Имеет место смещение амплитуды $E_{z_{\max}}$ для различных n в сторону меньших длин волн при увеличении n . Степень смещения беспредельно уменьшается с ростом n [10].

Т.е. по формуле $2^n - 1$ включая очень большие N – и так вплоть до бесконечности. Это характеризует изменение элементов фазового пространства – и в результате приводит к изменению формулы Планка. Собственно для многомерного случая формула Планка не используется, но там есть такая возможность: величина энергии либо плотности энергии определяется длиной волны излучения либо частотой излучения. Как правило, в основном используют распределение энергии по длинам волн, потому что на этом распределении работает физическая регистрирующая аппаратура длины волн. Распределение энергии по частотам используется значительно реже, и изучено не столь досконально по сравнению с распределением по длине волны.

Рассмотрев в относительных координатах формулу Планка, используя для этого размер величины n в третьей степени e разделить на e в третьей степени x минус единица – эта размерность рассматривалась для проведения анализа преобразований этих формул – и в результате были получены графики

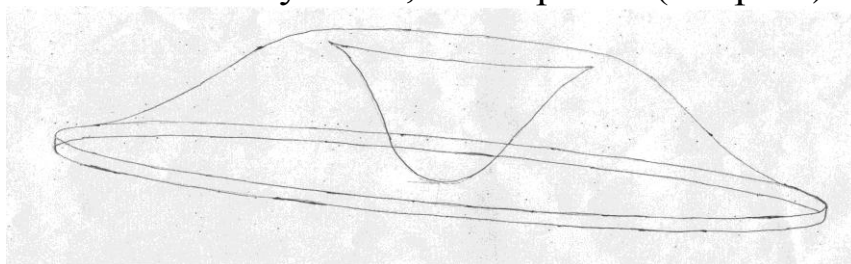
распределения энергии по длинам волн – с одной стороны для трёхмерного пространства, и с другой стороны – для N -мерного пространства по частотам – как для трёхмерного, так и для N -мерного пространства. Для этого была использована возможность использования частоты либо длины волны для повышения размерности пространства – для чего используется степень, отличная от трёх и пяти и соответствующая размерности D , а D может быть произвольным числом: $3 D$, $7 D$, $15 D$, $31 D$ и т.д. в т.ч. и $2 D$ – как возможный вариант, а также размерности $N = D + 2$ – для распределения по частотам.

Что показывают графики? Графики дают интересную зависимость в относительных единицах энергии от величины, пропорциональной длине волны и от величины, пропорциональной частоте излучения. Графики показывают резкий рост энергетической зависимости от степени числителя формулы Планка. Не 3 и 5 – как это задействовано в трёхмерии, а 4, 6, 5, 7 и т.д. – это очень важно. С другой стороны, графики выясняют то обстоятельство, что имеются две точки, где все графики сходятся. Это, прежде всего – нулевая точка – начало координат – и точка на расстоянии относительно единицы, которая фиксирует точку пересечения всех кривых Планка при значениях показателя степени равное N , каким бы N ни было. В случае очень больших N кривые приближаются к форме единичного ступенчатого воздействия и похожи на потенциальную яму. Т.е. по виду – это конструкция прямоугольной формы. Эта точка пересечения имеет место как на частотном графике, так и на графике волновом. Это важное обстоятельство, поскольку эти точки не зависят от частот либо каких-то других параметров. Эта точка определяется формулой Планка и равняется единице. Т.е. в принципе есть возможность установить масштаб длины – если рассматривать зависимость от длин волн – и масштаб частоты, если рассматривать зависимость от частот. Но следовало бы лучше сказать, что не масштаб частоты единица на ню, единица в секунду, а масштаб времени – секунду. *Графики Планка выясняют то обстоятельство, что может быть введена единица масштаба длин и единица масштаба времени.* Т.о. пространственно-временные соотношения будут фиксированы относительными величинами относительно расстояния, равного единице.

Интересно также отметить, что кривые Планка в относительных единицах фиксируют то, что это не просто плоский чертёж – чертёж на плоскости, но чертёж, который может быть объёмным. И тут появляются две очень важные величины – первая величина связана с частотным распределением энергии (с распределением энергии по частотам), а вторая – с распределением энергии по длинам волн. Эти две величины всё время дополняют друг друга. Например, выясняется что закон Вина может фигурировать не только как лямбда максимум на T – как длина волны на температуру газа, равная константе, но также и для частот: соотношение ню максимум – т.е. ню зависимости от величины относительной частоты на лямбда максимум. Это соотношение для трёхмерия имеет место при $0,567 c$ скорости света – есть константа: $\lambda_{\max} = 0,567 c$. Необходимо задать вопрос: почему $0,567$? Почему не единица? Скорость света появляется как константа, пропорциональная скорости света. Причём эта константа связана с размерностью. Для размерности 7 эта константа уже не $0,567$, а $0,777$, для размерности 15 – для пятнадцатимерного пространства – константа определяется величиной $0,882$ скорости света равно константа. Т.е. появляется не только значение константы для трехмерного случая ню максимум на лямбда максимум, но также и для всех других размерностей. Каждая размерность имеет размерность алгебры, имеет свою кривую Планка и свои константы. Получены эти константы для всех рассмотренных выше алгебр. *Теперь можно говорить о структуре пространственных распределений энергии с одной стороны, и о формировании определенных зон с различной энергией.* В частности, как было указано выше, что единично-ступенчатое воздействие возникает в случае больших размерностей N . Даже при небольших размерностях N – даже для $N=2$ получаются кривые, которые характеризуют потенциальную яму. В частности, это проще всего сделать путём поворота графика Планка вокруг своей вертикальной оси. В этом случае появляется кривая, которая определяет потенциальную яму. Потенциальная яма получается глубиной, соответствующей амплитуде кривой Планка. Поскольку кривые Планка меняются в зависимости от размерности пространства, меняются и размеры потенциальных ям. При одной и той же форме, но при различной амплитуде этих кривых Планка, получены ри-

сунки с помощью трёхмерных преобразований на компьютерной технике формы потенциальных ям, соответствующих кривым Планка. Две такие потенциальные ямы легко стыкуются, потому, что есть общая точка объединения, которая определяется для каждой кривой Планка данной размерности. Эта точка позволяет объединить потенциальные ямы в систему, в специфический комплекс. В частности, такой комплекс, который распределён в пространстве по всем осям. Но по семимерным координатам или N-мерным представить комплекс очень трудно, а если по трёхмерным – то вычислительная машина вполне справляется с этой задачей.

Необходимо отметить, что *имеют место два вида потенциальных ям*. Первая потенциальная яма связана с распределением излучения по частоте, т.е. плотности энергии по частоте. Это рисунок, который обладает относительно невысоким потенциальным барьером, но очень широким барьером. Т.е. этот рисунок плоский, хотя в сечении повторяет кривую Планка, кривую распределения энергии по частоте. Эти потенциальные ямы относительно не глубокие, но широкие (см. рис.*).



(рис.*)

Второй вид потенциальных ям связан с распределением по длинам волн. В этом случае, яма выглядит так: она очень узкая, но очень высокая. Чтобы сравнить значения ширины и высоты для трёхмерия, потенциальная яма получается в случае распределения по частотам. Ей соответствует амплитуда 21 -й относительной единицы, а амплитуда распределения по частотам всего 1,6 – т.е. 21 и 1,6 – вот такое соотношение глубины потенциальных ям. Ширина соответственно для потенциальной ямы первого типа всего 0,5 относительных единиц длины, а ширина потенциальной ямы для распределения по частотам характеризуется числами 12, 13, 15 – т.е. значительно большим – в 30 раз большим, чем ширина потенциальной ямы для первого типа. Это принципиально отличает эти две конструкции, хотя есть и общие моменты: форма кривой Планка сохраняется в обоих

случаях, в сечении этих потенциальных ям, и кроме того, что очень важно: *площади сечения потенциальных ям одни и те же!* Т.е. кривые разные, частоты разные, длины волн разные, амплитуды разные, потенциальные ямы совершенно разные, а площадь, характеризующая энергию излучения, остаётся одной и той же! Причём равной, хоть для распределения по частотам, хоть для распределения по длинам волн. Это говорит о чём? Что видимо есть два типа потенциальных ям: одна очень узкая и глубокая, а другая достаточно широкая и достаточно глубокая. Но эти два вида различных функций на лицо. Причём, следует повторить, площади сечения одни и те же. Т.е. эти ямы характеризуются одной и той же характеристикой. Есть смысл предположить, что с этими ямами связаны два заряда: один положительный, а второй – отрицательный. Как их назвать – это не столь важно, но такие ямы могут характеризовать потенциальные ямы для двух частиц, условно характеризуемых знаком «плюс» и знаком «минус». Т.е. скорее всего, заряда частиц (следует отметить, что это согласуется с выводом Герловина И.Л. о том, «почему основное единое фундаментальное поле имеет природу двухзарядного поля» [2, с.65]). Необходимо отметить, что ямы можно формировать по различным законам. Располагая эти отдельные ячейки в узлах, например, той же кристаллической решетки твердых тел, к примеру, металлов. Распределяются эти потенциальные ямы по плоскости, либо по трёхмерному пространству, а также, скорее всего, они имеют место в значительно более серьёзном случае *многомерного пространства*. Очень важно, что с глубиной потенциальных ям, т.е. вообще говоря, с размерностью, с увеличением размерности пространства, связано то, что каждой размерности пространства соответствует определённая энергия. Степень формулы Планка в числителе формулы Планка меняется ступенчато, а, следовательно, ступенчато меняется и энергия частиц, которые мы описываем, или наблюдаем. Т.е. степень числителя в формуле Планка определяется дискретностью, и он определяет дискретность энергии, соответствующую потенциальным ямам и состоящего их кривых Планка. Это определяет «лестницу энергий», т.е. распределение энергии по формуле Планка, либо по размерностям векторных преобразований. Это всё – взаимосвязанные вещи. Отметим, что размерность векторных алгебр может быть бес-

конечной, вплоть до бесконечности. Т.е. наше пространство имеет возможность в этом случае, использовать бесконечно большие энергии, вплоть до бесконечно больших энергий. С уменьшением расстояния от центра системы частиц резко возрастает степень получаемой энергии излучения. Очень сильная зависимость, потому что особенно распределение по длинам волн и так располагает очень большими величинами амплитуд плотности энергии. Следует отметить, что многомерные векторные алгебры устроены так, что все векторные алгебры меньшей размерности получаются друг из друга. Т.е. как в трёхмерном пространстве, рассматривая преобразования на плоскости, мы пренебрегаем одной из координат, полагаем её постоянной, равной константе. Получаем двумерное пространство, при этом мы ничего особого не сделали, мы только изменили закон преобразования величин. Размерность мы не меняли, а преобразования изменились. Точно так и в многомерных случаях, например, пятнадцатимерная алгебра включает в себя как частные случаи семимерную и трёхмерную векторные алгебры. Всё определяется тем, какой размерностью мы оперируем. Двумерной векторной алгебры практически нет, есть трёхмерная векторная алгебра, потому что векторное произведение двух векторов, расположенных в одной плоскости, даёт третий вектор, выходящий за пределы плоскости, т.е. получается трёхмерная структура. Точно так и четырёхмерная структура может действовать так же, как и четыре плоскости, может быть, и пять плоскостей, и шесть плоскостей. Но это – относительные названия семимерных величин. Для построения четырех плоскостей нужно, по крайней мере, иметь три величины. То есть это уже не плоскость, а трёхмерное пространство. Для пятимерной плоскости этого уже мало, а нужно семимерное пространство. Так вот ступенчато меняются размерности пространства: 3, 7, 15, 31, и т.д. А различные сечения, связанные с другими размерностями, например, 2, 4, 6, 8 и т.д. дают сечения плоские этих пространственных представлений и характеризуют энергию частиц, находящихся в промежутке между энергией, связанной с размерностью три, либо с энергией, связанной с размерностью семь. Там есть возможности и три, и четыре, и пять и шесть но – это частный случай семимерного варианта. Всё точно также и для остальных случаев. Т.е., во-первых, *наше*

пространство многомерно, что находит отражение в теории струн [3;4;5;13;18];

во-вторых, оно обладает слоённостью, т.е. расслоено на плоскости (или подпространства, см.: [2;15]). (Вполне возможно, что это проявляется в структуре макромира (частично проецируется?) в геометрии электромагнетизма. См.: [6;12]).

«Будем рассматривать выражения формулы Планка для размерности пространства $D=0, 1, 2, \dots$ в зависимости от частоты излучения в относительных единицах. Это позволяет построить графики для $E_{y,D}$, как функцию y и D . Эти графики для некоторых значений D приведены ниже. На рис. 3 представлены графики зависимости E_y при $y = y(\nu)$ и $D = 2,3,4, \dots$ Жирной линии соответствует формула Планка, то есть $D = 3$, а полужирной $D=7$. Наблюдается слоённость пространства, построенного из жирных и нежирных линий, соответствующих размерности векторных алгебр (1,3,7,15...), либо несоответствующих этой размерности. Амплитуда $E_{y_{\max}}$ резко возрастает с ростом D , что является недостатком.

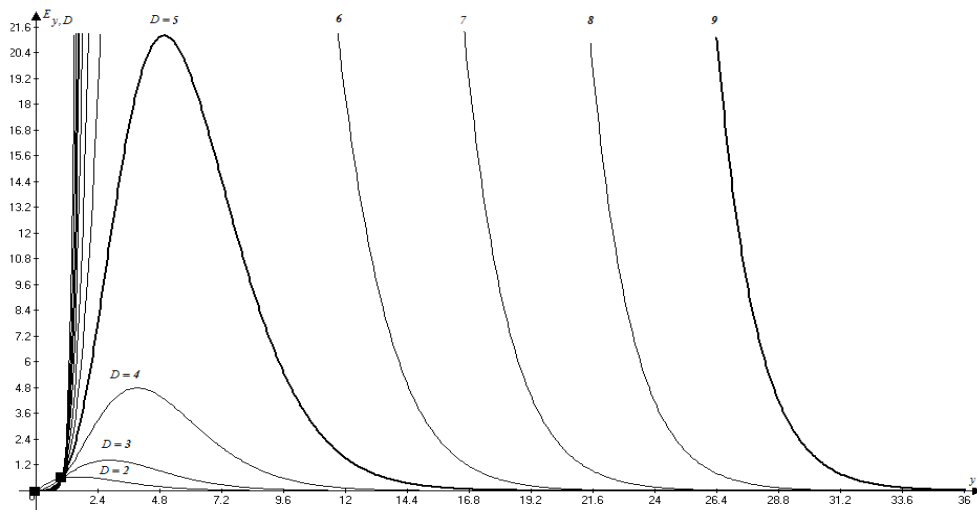


Рис.3

Логарифмический масштаб по оси ординат исключает этот недостаток (Рис.4), но усложняет анализ закономерности.

Рис. 3 и 4 показывают, что имеют место две точки пересечения кривых Планка для различных значений D , определяемые началом координат и точкой $(1, \frac{-1}{e-1})$ для логарифмического масштаба по оси $\ln E_{y,D}$ или $(1, \frac{1}{e-1})$ для равномерного распределения по оси $E_{y,D}$. Ненулевая точка пересечения кривых может

быть использована для целей масштабирования времени (частоты).

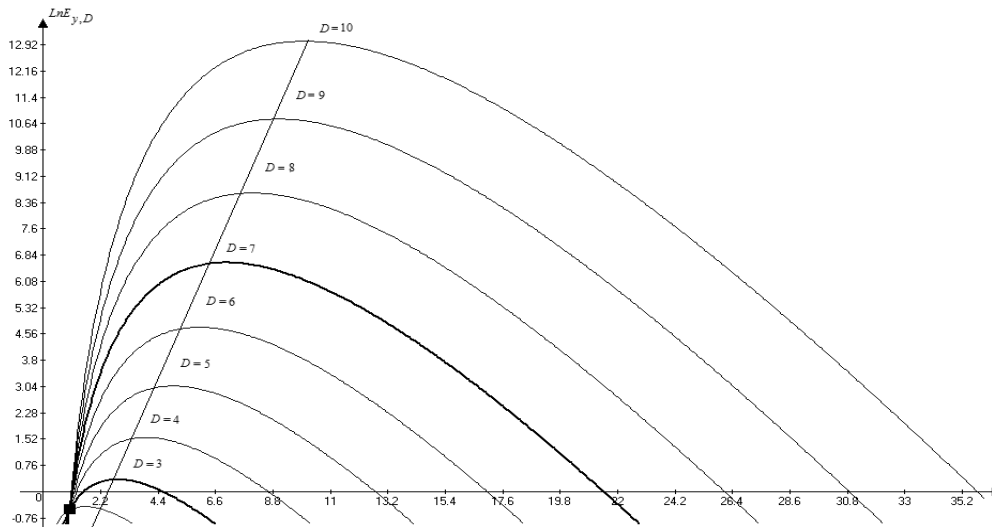


Рис.4

Все графики для формулы Планка при изменении D имеют одинаковую форму, спадающую на малых и больших частотах. Увеличение D сопровождается резким ростом амплитуды $E_{D \max}$. Имеет место смещение амплитуды $E_{y_{\max}}$ для различных D в сторону больших частот при увеличении D . Степень смещения можно оценить, решив уравнение $\frac{dE_{y,D}}{dy} = 0$ [10].

В изображениях на плоскости одной и той же числовой системы, например, в семимерии – проявляются четырёхмерные, пяти-, шести- мерные структуры. Это – различные плоскости одного и того образования, которые наглядно-образно можно было бы представить в виде слоёного торта (или пирога): слой крема сменяется слоём бисквита либо шоколада. И плюс прослойки. Слои крема встречаются реже, а другие прослойки чаще.

Схематически полученные объекты можно представить себе примерно так, как это показано на *рисунке* **.

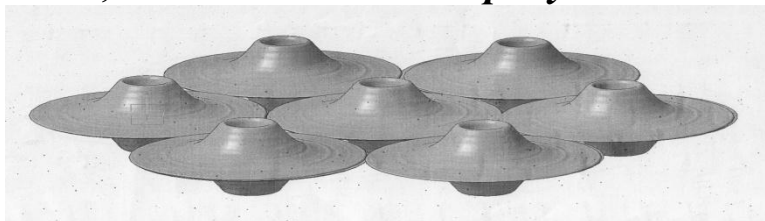


Рис. **

Т.е. повторим ещё раз: пространство, во-первых, многомерное, во-вторых, слоёное, в- третьих, дискретное (дискретность пространства вполне определена и определяется числа-

ми: 1, 3, 7, 15, 31, и т.д.). Ещё следует сказать, что рассмотрение величины произведения максимального значения длины – вернее λ_{\max} , где амплитуда энергии максимальна – и v_{\max} , где амплитуда энергии также максимальна. Произведение этих двух величин дают для каждой размерности своё значение, причем значение связано с одной и той же величиной – со скоростью света.

Выше уже отмечалось, что для трёхмерного пространства эта величина равна 0,567 скорости света, для других значений оно меняется. В частности, для значений этой величины в семимерном пространстве имеет место 0,777 скорости света, равна константе, третья величина размерности пропорциональна скорости света при пятнадцати мерии это 14,999 разделить на 16 равна 0,887 скорости света. Так вот, в трёхмерии, а также во всех остальных пространственных соотношениях, используется постоянная величина размерная $\lambda_{\max} * v_{\max}$. Эта величина равна константе и определённый коэффициент перед скоростью света. Для трёхмерия это 0,567 скорости света, для семимерия 0,777 скорости света, для пятнадцатимерия 0,882 скорости света и равной константе постоянной для данной размерности. Если повышается размерность, то повышается степень функции Планка и меняются эти величины. Они меняются с повышением размерности в сторону увеличения. И меняются достаточно быстро в начальной части. Отметим, что эти значения дискретны. Они связаны с дискретностью и размерностью пространства. 0,882, 0,777, 0,567 – вот такие вот числа от скорости света. Т.е. скорость распространения излучений определяется в данном случае, размерностью векторного исчисления, принятого для описания этих процессов. И понятие «скорость» оказывается понятием дискретным, квантованным. В том числе и скорость света квантованна. Частицы, видимо, на разных расстояниях от центра системы, движутся с различными скоростями. При малых размерностях пространства это скорости на уровне от 0,567 скорости света и до нуля. Но не больше. При больших размерностях пространства эта скорость возрастает, но дискретно. Дискретность определяется лестницей скоростей очень большой величины. Ступенчатость явно выявляется при скорости уже 0,4 от скорости света. Т.е. в два с половиной раза меньше скорости света. С величины порядка единицы на 10 в

десятой степени сантиметра в секунду. До этой величины – начиная от нуля и кончая 0,4 от скорости света – ступенчатость не проявляется, потому, что размерность уже определяется размерностью «три» – размерностью векторной алгебры. С размерностью «один» связана несколько меньшая величина, но дискретность на графиках уже не проявляется. Здесь действует непрерывное (континуальное) значение скорости, т.е. до 0,4 скорости от скорости света влияние дискретности не проявляется. Но свыше 0,4 от скорости света это уже обязательное соотношение. Т.е. что здесь следовало бы сказать? Дискретность скорости распространения силовых воздействий излучений, частиц, и т.д. определяет следующее: во-первых, выявляются волновые и корпускулярные свойства, во-вторых, проявляется дискретность многих физических величин. В частности, дискретность скорости света, со скоростью излучения волн будет связана дискретность импульса, сил, ускорений – и многих других физических величин. Т.е. это очень существенно, что проявляется дискретность скорости света. В частности, хорошо подтверждаемая дискретность энергии может быть определена дискретностью скорости света, потому, что скорость распространения электромагнитных волн в частности, создаёт ступенчатую структуру распределения энергии, т.е. энергия распределена по энергетической лестнице. Это связано с изменением глубины и ширины потенциальных ям. К вышесказанному следует добавить, что начатые работы следует продолжать, поскольку это реальный шаг по пути построения Единой Теории поля. Многомерные векторные алгебры, многомерная дифференциальная геометрия, многомерная теория поля, многомерная квантовая механика, многомерные физические размерности и физики элементарных частиц и т.д. Наиболее перспективны многомерные преобразования в области чрезвычайно малых расстояний, которые дают возможность ввести относительные величины – выше уже говорилось о масштабах длин и временных промежутков.

Appendix I

Внимательный читатель может обратить внимание на то обстоятельство, что в статье фигурируют частота и длина вол-

ны – распределение по частотам и по длинам волн, и на этом строятся первичные бинарные структуры пространства. В зависимости от уровня подготовки и мировоззренческих установок любознательного и внимательного читателя метафизического либо диалектического характера может возникнуть вопрос того плана, что поскольку частота – это $F=1/T$, а длина волны соответствует пространственному периоду волны, то есть расстоянию, которое точка с постоянной фазой проходит за время, равное периоду колебаний T , поэтому

$$\lambda = vT = \frac{v}{\nu} = \frac{2\pi v}{\omega}.$$

Отсюда может возникнуть иллюзия, что на самом деле в данном случае в конструкции первичных пространственных бинарных структур имеет место время: время является источником пространства, или пространство представляет собою модифицированное время. Т.е. время преобразуется таким образом, что из него конфигурируются вышеуказанные бинарные первичные структуры пространства – два вида потенциальных ям (поэтому можно сказать, что *сущностью пространства является бинарность*).

Тем самым время является субстанцией (классическая дефиниция понятия субстанция восходит к Декарту, Спинозе и Лейбницу и звучит так: **«Под субстанцией следует понимать то, что не нуждается ни в чем другом для своего существования, в отличие от модуса, который нуждается для своего существования в чем-то другом, а именно в субстанции»** [17, с.689-691), а пространство – модусом.

Но так ли это на самом деле? Если мы напишем, например, что частота есть скорость света, деленная на длину волны – это частота – то мы будем с одной стороны правы, а с другой стороны – нет. И вот почему. С одной стороны, по размерности и по всем прочим параметрам – это действительно так. Но при различных математических преобразованиях всё это нарушается. Почему? Дело в том, что в формулы входят интегральные и дифференциальные величины, а это накладывает определённый отпечаток на математические соотношения. В частности, если мы берём величину z как пропорциональную λ , то λ – длина волны, соответствующая hc^*kT^*z , то $d\lambda/dz$ и dz – одинаковые, коэффициент стандартный: hc^*kT . Если же мы возьмём распре-

деление по частотам, то картина несколько видоизменяется. В распределении по частотам используются не только вышеуказанные понятия, но, по крайней мере, входит уже процесс дифференцирования, а там z^2 , вернее появляется величина, связанная с квадратом. Единица на икс, как известно, даёт минус единицу на икс в квадрате. Т.е. казалось бы, использовались величины первого порядка, а получилась величина второго порядка минус единица на икс минус во второй степени. Минус один дифференцировали и получили минус два в результате. Это не совсем чётко увязанные величины. Если мы эти величины подставим сюда, то не получим распределение по частоте, это будет совсем другое распределение. Т.е. в статике действительно наблюдается связь частоты и длины волны, а вот в динамике эта связь полностью утрачивается, поскольку происходит рассеивание на дифференциальных уравнениях, и таким образом, *совершенно неправомерно говорить о сведении времени к пространству или обратно: это совершенно разные сущности!*

В заключение хотелось бы привести несколько строчек из статьи Е.А.Соколова, посвящённой размышлениям о многомерности пространства: «В начале XX века Анри Пуанкаре, вероятно, первым сформулировал идею о существовании многомерного физического (а не абстрактного математического) пространства: «Разве невозможно выразить эти законы (физики – Е.С.) другими уравнениями, где фигурировали бы в этом случае другие точки, имеющие четыре координаты?..» И после Пуанкаре пытались решить задачу многомерности пространства, но ничего лучше, чем придать времени статус четвертой координаты, не придумали. Понятно, что такой гибрид: трехмерное пространство плюс время, – оказался конструкцией сугубо формальной, хотя Эйнштейн пользовался ею, создавая специальную теорию относительности. Но, тем не менее, выражение «пространство-время», по существу, не более чем метафора» [16, с.78].

Appendix II О специфике многомерных алгебр, пространства и времени

Итак, выше мы уже отметили, что в нашем описании пространство получается многослойное и расслоённое на подпространства – мы даже использовали метафору «слоёный торт»...

Что даёт подобное представление? В области малых расстояний более грамотно и конкретно будут записываться силовые воздействия посредством применения многомерных алгебр, потому что они дают величину силы, обратно пропорциональной не второй степени расстояния, а значительно большей степени: шестой, четырнадцатой, тридцатой и т.д. до бесконечности... т.е. может быть описана сила любой величины – вплоть до бесконечно большой. Это в области малых расстояний: никакая трёхмерная алгебра либо другие математические подходы не опишут такие силы на малых расстояниях. Но, поскольку малые расстояния дробятся на сферы действия (применения) тех или иных алгебр: 3-мерных, 7-мерных, 15-мерных, 31-мерных и т.д. – до бесконечности, то появляются промежутки между алгебрами, когда часть координат выпадает – становится равной нулю. Из 31-мерной алгебры можно сформировать 15-мерную, из 15-мерной 7-мерную и т.д. Т.е. всё идёт ступенями: 3,7, 15, 31, 63 и т.д. **Это слои.** Кроме того, если описывать эти слои формулой Планка, то слои формируют отдельные частные случаи. В частности, трёхмерная геометрия может быть превращена в двухмерную геометрию или в одномерную. Т.е. *появляются пространственные промежутки.* Эти промежутки описываются степенью – степенной частью формулы Планка. И если степень меняется – эр в степени – то меняются и слои: трёхмерность распадается на частичный четырёхмерный слой, пятимерный, шестимерный, семимерный... Это уже не слой, а подслои, а сам слой в этом случае семимерный. Пятнадцатимерный тоже слой, а 8, 9, 10, 11, 12,13 – подслои. Т.е. всё это распадается на прослойки.

В алгебрах как таковых время практически отсутствует. В дифференциальной геометрии, в теории поля там время важно. А алгебра в основном ориентируется на механику. И даже не на всю механику, а в основном на статику и кинематику. В этих разделах механики время практически не задействовано. В ста-

тике время вообще не задействовано, а в кинематике очень слабо задействовано. А динамика – это теория поля. Вот там время присутствует. Время не меняет своей конфигурации с изменением размерности пространства. Время остаётся одним единым для всех пространств: для 3-мерного, 7-мерного, 15-мерного и т.д. В данном случае время классическая стационарная константа своего рода. Оно существует как независимо от нашего субъективного восприятия, так и от процессов любой природы: ядерных, сильных, слабых, гравитационных и т.д. – время идёт независимо. Время одномерное. В специальной теории относительности время смешано с пространством – представляется специфическим гибридом, которого современные релятивисты принимают за чистую монету. Но во всех прочих условиях такие смещения для описания процессов и явлений не применяются, поскольку, как это уже было показано выше, это связано с низкими скоростями и присущими им явлениями и эффектами. Время начинает меняться только там (по используемым пока что релятивистским представлениям), где скорости объектов приближаются к скорости света. Причем изменения, видимо, происходят дискретно (как это уже было отмечено выше). Скорость изменяется дискретно – изменяется с помощью перехода от низкой ступени на более высокую ступень.

Литература

1.Быстров К.Н. Квантовый принцип и дискретные законы физического мира. – М.: МГУП, 2005. –219с.

2.Герловин И.Л. Основы единой теории всех взаимодействий в веществе. –Л.: Энергоатомиздат, Ленингр. отд-ние, 1990. –432с.: ил.

3.Грин Б. Элегантная Вселенная. Суперструны, скрытые размерности и поиски окончательной теории. Пер. с англ./Общ. ред. В.О.Малышенко.– М.: Едиториал УРСС, 2004. –288с.

4.Грин Б. Ткань космоса: Пространство, время и текстура реальности. Пер. с англ./Под ред. В.О.Малышенко и А.Д.Панова.– М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009.– 608с.

5.Девис П. Суперсила: Пер. с англ./Под ред. и с предисл. Е.М.Лейкина.– М.: Мир, 1989.– 272с.

6.Жвирблис В.Е. Игра в бублики//Химия и жизнь.1995.№5. – (с.10-15).

7.Коротков А. В. Элементы семимерного векторного исчисления. Алгебра. Геометрия. Теория поля. – Новочеркасск: Набла, 1996. – 244 с.

8.Коротков А. В. Элементы пятнадцати мерного векторного исчисления. – Новочеркасск: Издательство «НОК», 2011.

9.Коротков А.В. Элементы многомерного (15-и 31-мерного) векторного исчисления.– Новочеркасск: «НОК», 2012. –76с.

10.Коротков А.В. Формула Планка в D-мерных пространствах//Альманах науки и образования. 2013.№3.– (с.81-91).

11.Коротков А.В., Чураков В.С. Теоретико-философские аспекты трехмерного и семимерного пространств (собственно евклидова и псевдоевклидова). – Новочеркасск: УПЦ «Набла» ЮРГТУ (НПИ), 2007. –194с.

12.Невесский Н.Е. Электромагнитные поля токовых структур//Электричество.1993.№12. – (с.49-52).

13.Пенроуз Р. Путь к реальности, или законы, управляющие Вселенной. Полный путеводитель. – М.: Ижевск: Институт компьютерных исследований, НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2007. – 912с.

14.Протоdjяконов М.М., Герловин И.Л. Электронное строение и физические свойства кристаллов. – М.: Наука, 1975. – 359с.

15.Расслоенные пространства и их приложения. Сб. переводов/Под ред. В.Г.Болтянского, Е.Б.Дынкина, М.М.Постникова.– М.: Изд-во Иностранной Литературы, 1958.– 460с.

16.Соколов Е.А. Пространство Кэролла//Химия и жизнь. 1992.№9. – (с.78-79).

17.Современный философский словарь/Под общей ред. д.ф.н., профессора В.Е.Кемерова. – М.: Академический проект, 2004. – 864с.

18.Яу Ш., Надис С. Теория струн и скрытые измерения Вселенной. – СПб.: Питер, 2012. – 400с.: ил.

УДК 515.6

© МЕЛЬНИКОВ Г.С., 2014
**О ПРИМЕНЕНИИ БИ-ФИНСЛЕРОИДНОЙ МОДЕЛИ
 ПРОСТРАНСТВА-ВРЕМЕНИ**

В докладах на международных конференциях [1; 2] и в статьях настоящей серии сборника «Библиотека времени» [3;4] описаны принципы и вывод динамического построения модели пространства-времени А. Пуанкаре [5] – трёхмерной сферы.

Трёхмерную сферу в представленной модели 4D описании можно рассматривать как топологическую конструкцию с динамическими преобразованиями, проходящую периодически зоны Евклидоваго и не Евклидоваго построения. Это является доказательством анизотропности пространства-времени.

Трёхмерная сфера – это фигура синхронного вращения двух листов Мёбиуса, обкатывающих ось вращения в точках северного и южного полюсов. Она образована двумя финслероидами, внешние поверхности которых формируются шириной ленты, а внутренние поверхности, начиная с поворота на 90 градусов на полюсных рукавах (с «наружи» и с «изнанки»), формируются в виде поверхностей отрицательной кривизны "краями" ленты на обоих финслероидах.

В каждой из этих сингулярных точках (полюсах) узкие образующие фигуры вращения – замкнутые полосы поворачиваются на 90 градусов в каждом полюсе и не пересекаются, а касаются. В результате требуемый поворот на 180 градусов для каждого листа Мёбиуса набирается в двух полюсах.

Само же пространство-время (Вселенная) формируется в виде фрактального многообразия четырёхмерных шаров всех размеров и масштабов. Дальнейшее расширение можно посмотреть у некого Александра (**inventives**, он же ale)

<http://video.yandex.ua/users/inventives/view/4/#>

Правда, им даётся неверная трактовка: (позвонки "физического вакуума"), несмотря на то, что неправомерность "физического вакуума" математически доказана в статье 2006 года:

"Возможные и не возможные структуры пространства-времени..." [6]

Впервые осознанное обоснование фрактальной 4D структуры пространства- времени математически выведено в работе 2003 года [7].

Вид Ви-финслероида (трёхмерной сферы) опубликован в 3-х докладах на международных конференциях 2004 г. [8,...10] и в форуме, тогда ещё существовавшего портала www.хаос.ru (восстановление архивов обещано администратором существующего одноимённого домена). В результате мы подходили к образному пониманию нашего сложного донорно-акцепторного Мира – Мира растущего Би-финслероида, т.е. динамически развивающегося четырёхмерного шара:

В динамическом построении трёхмерная сфера описывает структуру четырёхмерного шара – би-финслероида, рисунок 1.

При моделировании трёхмерных сфер в параметрическом виде использовалась полугеодезическая система координат.

$$d=1; q=64; k=64; N=45; R=0.9$$

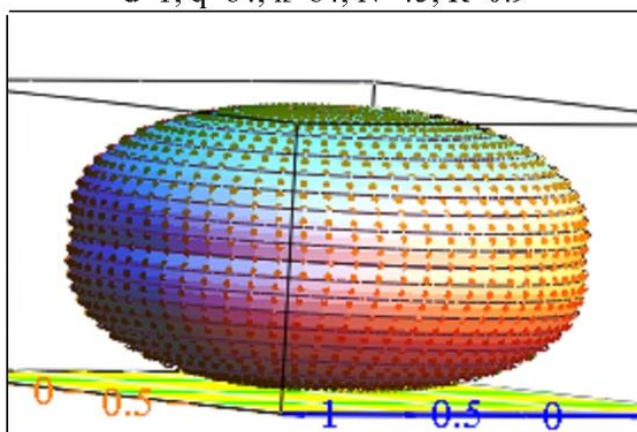


Рисунок 1. Четырёхмерный шар Пуанкаре.

Сами кватернионные аналитические функции получались по принципам алгебры Клиффорда [11] (по варианту получения кватернионов из комплексных чисел)

$$Z_1=C_1+iC_2, Z_2=C_2+iC_1 \text{ и} \\ (1)$$

$$Z_3=C_1+C_2 \cdot i, Z_4=C_2+C_1 \cdot i \\ (2)$$

Примечание: Хотя представления задач геометризации пространства-времени в октавных аналитических функциях сформированы в одной из работ автора в 2003 году, в той же работе выводятся 16 четырёх-базисов (три пространственных координаты и одна временная), но до настоящего времени промоделировать удалось модель 4D, т.е. для 4-х четырёх-базисов.

Октавные построения модели 8D пока не имеют возможностей специализированных программ вычисления. Для получения завершённой системы – четырехмерного числового аналога, объединяющего пространства Евклида и пространства Минковского, в публикациях [3;4] удалось подойти к задаче кватернионного решения математических бильярдов в круге с позиций рассуждения Галилея при выводе уравнений маятника. В результате были выведены и промоделированы уравнения, позволившие показать, как строятся слои четырёхмерного шара – текущие трехмерные сферы и все полюсные многогранники в нашем 4-х мерном пространстве-времени в иллюстрациях к докладу на международной конференции “Number, Time, Relativity”, Proceedings of International Scientific Meeting. – М., 2004 [1; 7].

К каким выводам приводят математические построения:

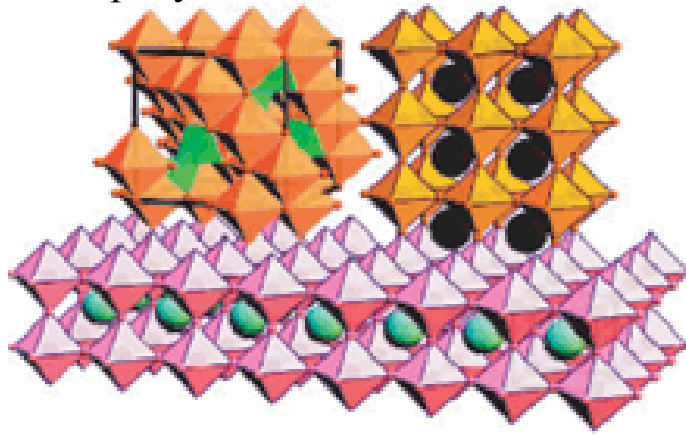
На всех уровнях строительной иерархии пространства мы наблюдаем вложенные друг в друга фрактальные (самоподобные) сеточные поля (в плоскостных сечениях) и решёточные конструкции, чередующиеся по пространственно-временной координате в виде центров (узлов) с гиперболической и Евклидовой метрикой.

В двух особых точках (непосредственно в полюсах) построение поверхностей представляют собой однолистную поверхность (по принципу бутылки Клейна), т.е. при общих построениях формирование поверхностей через эти особые точки радиусы кривизны строимых поверхностей дважды претерпевают изменения значений с положительных значений (внешние поверхности би-финслероидов) на отрицательные значения (внутренние поверхности би-финслероидов). В окрестностях этих особых точек при построении (переходе с одной внешней поверхности финслероида на другую внешнюю поверхность другого финслероида) в построениях мы наблюдаем фазовый сдвиг на 90° , а строимые поверхности – двулистные. В слоях с Евклидовой метрикой луковичной модели структуры пространства-времени формируются рациональные конструкции в виде рациональных многогранников или двумерных сфер – это законченные на каждом уровне масштабов конструкции:

- электроны,
- протоны,

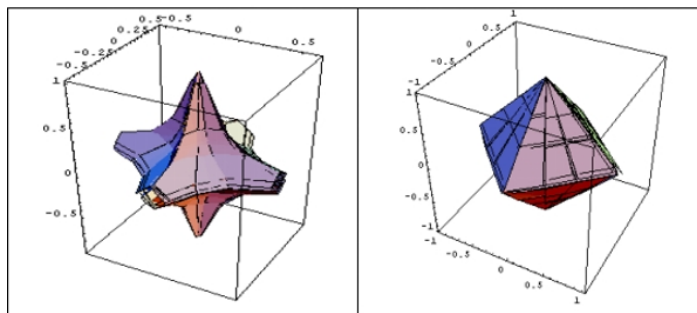
- атомы,
- молекулы кристаллических и аморфных конструкций,
- песчинки,
- булыжники и т.д.

В промежутках, на всех уровнях масштабов в зонах с гиперболическими ограничивающими поверхностями близкими к отрицательной кривизне располагаются «строительные кирпичи – «недострой»»: – частицы, кварки, атомы с меньшими размерами, нано- размерные объединения частиц (например, глинистые структуры, между песчинками), гравий между булыжниками и т. д.. См. рисунок 2.



Источник:

<http://www.sciencemag.org/cgi/content/summary/303/5658/585a>



Источник: [http:// 314159.ru/melnikov/melnikov2.pdf](http://314159.ru/melnikov/melnikov2.pdf)

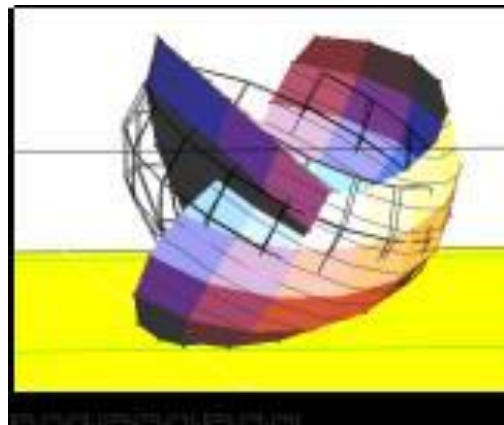
Рис. 2. Модель регулярных укладок.

Изучение конструкции модели пространства времени – бифинлероида в текущие моменты времени с большой очевидностью позволяет интерпретировать «классический» сон – «Сон # 59», приснившийся выдающемуся физика Вольфгангу Паули [12;13].

Это примечательное сновидение фигурирует в работах Карла Г. Юнга [12], пытавшегося – причем совершенно безуспешно – проанализировать и объяснить его с научных позиций аналитической психологии. Сам же Паули называл это «Великим видением о Часах мира», вызвавшим у него очень глубокое и длительное ощущение «самой возвышенной космической гармонии», по эффекту на психику сравнимое с религиозным просветлением [14].

То есть Паули совершенно определенно понимал, что из глубин собственного сознания получил через этот образ какую-то чрезвычайно важную информацию об устройстве мироздания. Ученый отлично и в подробностях запомнил картину, но при этом – при всех своих неоспоримых талантах в областях математики и физики – так и не смог постичь, что же конкретно данная картина означает [13].

Вся конструкция «Часов мира», – два взаимно перпендикулярных циферблата по 32 сектора интерпретируется текущим состоянием двух синфазно формируемых ортогонально сопрягаемых многогранников, в пределе порождающих оболочку четырёхмерного шара – би-финслероида, который и должен служить уточнением модели пространства-времени Пуанкаре [5].



Источник [12,13] :

<http://kniganews.files.wordpress.com/2013/01/>

[dream59.jpg?w=584](http://kniganews.files.wordpress.com/2013/01/dream59.jpg?w=584)

Источник [14]:

Таблица 1. Интерпретация «классического» сна – «Сон # 59», приснившегося выдающемуся физику Вольфгангу Паули [12;13].

Детальный разбор модели пространства-времени выполнен в подготовленной монографии автора настоящей статьи [14].

P.S.

Редактор настоящего сборника «Библиотека времени» В.С. Чураков, инициировавший написание монографии, принял деятельное участие в обсуждении хода её подготовки и любезно согласился взять на себя функции научного редактора.

В переписке он задал мне актуальный вопрос:

“Такой вот Вам вопрос на засыпку: предположим, что книга только что вышла, а Вы щедро раздаёте автографы – и вдруг к Вам подходит шибко критично настроенный скайенс и задаёт Вам вопрос: ну и что Вы хотели этим сказать? Что нового Вы внесли этой книгой в науку? По библиографии у Вас очень много ссылок на исследования прикладного характера, которые ближе к технике и технологии, а Вы замахиваетесь на фундаменталку?

С уважением-ВЧ”

В ответ на этот вопрос могу только привести отзыв очень грамотного и уважаемого в оптике проф. А. Фриберга.

Ари Фриберг, руководитель департамента оптики (2001 год) Королевского Технологического Института Швеции и топ редактор журнала Оптиков Америки (JOSA). Я ездил в Стокгольм наводить контакты и делал семинары (5 и 6 часов, в пятницу и субботу, осенью 2001 года) для того, чтобы опубликоваться в JOSA и получить финансирование по рамочной программе ЕС . На что Ари резюмировал: *«Вы создали новую непротиворечивую электродинамику...её ещё надо продвигать».*

Моя реакция была простой: *«Вероятно, мне придётся потратить ещё 11 часов для того, чтобы показать, что электродинамика К. Максвелла остаётся незыблемой. Она только дополняется фазовой трактовкой.»*

А если искать практические применения, то можно, для примера, привести два не объяснённые эмпирические факта нашего времени:

Эффект космонавта Джанибекова

Джанибеков демонстрирует пример вращения абсолютно жесткого тела, закрученного вокруг оси, не совпадающей с осью наименьшего или наибольшего момента инерции

http://www.youtube.com/watch?v=L2o9eBl_Gzw

<http://www.odnoklassniki.ru/video/62449529064202-1>

Эффект левостороннего и правостороннего волчка на привязи. См.: Гулия Н.В. «В поисках «энергетической капсулы».— М.: Детская литература, 1984.

... Если колесо раскручено как следует, никакие попытки повернуть ось ни к чему не приведут, несмотря даже на большие усилия. Колесо будет сопротивляться совсем как живое, стараясь вырваться из рук. Суть происходящего состоит в том, что ось вращающегося маховика всякий раз стремится повернуться не туда, куда мы хотим, а под прямым углом к этому направлению.

А, в целом, ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МОДЕЛИ:

Обоснование принципов формирования тёмной материи и темной энергии в космологии.

Разработка новых направлений исследований по резонансному взаимодействию гравитационного поля с веществом.

Геометризация принципов построения метаматериалов, обеспечивающих невидимость предметов в акустическом, радио- и видимом диапазонах спектра электромагнитных колебаний (ЭМК).

Литература

Мельников Г.С. Фрактальная концепция геометрического поля пространственных частот объединенного Евклидово-Риманова пространства-времени// Proceedings of International Scientific Meeting «Number, Time, Relativity», Moscow: 10 August – 13 August, 2004, p.p. 74-77.

Мельников Г.С. Почему трёхмерная сфера геометризует пространство-время?// Тез. докл. на VI Международной конференции «Финслеровы обобщения теории относительности». Ноябрь 2010г. – (С. 3).

Мельников Г.С. Время и формирование структур макро- и микромира// Проблема времени в культуре, философии и науке: сб. научн. тр./под ред. В. С.Чуракова. (серия «Библиотека вре-

мени»). Вып.3).– Шахты: Изд-во ЮРГУЭС, 2006.– 154с. – (С.115-124).

4.Мельников Г.С. Мерности пространства-времени//«Темпоральный мир (Современное состояние изучения времени: философский, теоретический и практический аспекты)» (серия «Библиотека времени». Вып.9) – Новочеркасск: Изд-во «НОК», 2012.– 664 с.– (С. 295-306).

5.Пуанкаре А. Избранные труды. Том 2. Под редакцией Н.Н.Боголюбова, В.И.Арнольда, И.Б. Погребысского.– М.: Наука, 1972. – (Классики науки).

6.Мельников Г.С. Возможные и невозможные структуры пространства-времени с точки зрения теории чисел. <http://314159.ru/mathematics.htm> (melnikov5.pdf)

7.Мельников Г.С. Гиперкомплексные числа и фракталы пространства- времени. Материалы на конкурс «За лучшую исследовательскую работу в области гиперкомплексных чисел». г. Санкт-Петербург, 2003 г. <http://314159.ru/melnikov/melnikov2.pdf>

8.Мельников Г.С. Геометрическое поле пространственных частот. Вывод параметрических уравнений гиперкомплексных отображений дискретных циклических процессов. Материалы конференции «Компьютерное моделирование электромагнитных процессов в физических, химических и технических системах». Третий Международный семинар (г. Воронеж, 22-24 апреля 2004 г.).

9.Мельников Г.С. Геометрическое поле пространственных частот. Моделирование гиперкомплексных отображений дискретных циклических процессов// Материалы конференции «Компьютерное моделирование электромагнитных процессов в физических, химических и технических системах». Третий Международный семинар (г. Воронеж, 22-24 апреля 2004 г.).– (С.134-138).

10.Мельников Г.С. Анализ математической модели построения 3D пространственно-временных конфигураций и циклических процессов с точки зрения причинной механики. Тезисы, материалы Международного семинара «Физико-математическое моделирование систем» (г. Воронеж, 5-6 октября 2004 г.). – (С. 148-152).

11. Клиффорд В.К. Здравый смысл точных наук. Начала учения о числе и пространстве. С приложением очерка биква-тернионов и 105 чертежами. Перевод с 5-го английского изда-ния книги А.Р. Кулишер.– Петроград: «Начатки знаний», 1922. – 224с.

12. Jung C.G., 'Psychology and Religion', C.W.11, §110; Jung C., Eranos Jahrbuch 1935, O. Fröbe-Kapteyn, ed., Rhein-Verlag, Zurich (1936), p. 119.

13."ТАМ ЗА ОБЛАКАМИ"_7_единство (часть 1 из 3)
<http://kniganews.org/2013/06/17/beyond-clouds-731/>

14.Мельников Г.С. Фрактальное единство пространства-времени. LAP LAMBERT Academic Publishing , OmniScriptum GmbH & Co. KG, 2014. 214 с.

УДК 616

©НИКОНОВ Ю.В., 2014
О ПРОГРЕССИРУЮЩЕЙ АМНЕЗИИ,
«МЕТКАХ ВРЕМЕНИ»
И СЛОЖНЫХ ВРЕМЕННЫХ СЕТЯХ

Еще в 70-х годах прошлого века отечественные исследователи – психиатр Т.А. Доброхотова и невролог Н.Н. Брагина, на основе клинических наблюдений в нейрохирургическом и психиатрическом стационарах, выдвинули следующую гипотезу: запечатление воспоминаний в памяти всегда, в обязательном порядке, сопровождается «нанесением» отметок пространственной и временной отнесенности. Эти пространственно-временные отметки: 1) обозначают при последующих воспоминаниях пространство и время, в которых происходили отраженные в них события, 2) способствуют сохранению всех образов в той же последовательности, в какой происходили отраженные в них события в реальности [1,2].

Согласно концепции исследователей, эти отметки опосредованы индивидуальными пространством и временем: без достаточной актуальности настоящего времени и пространства невозможно формирование «нормальных», то есть снабженных пространственно-временными метками, образов восприятия. Стало ясно, что временной параметр, «отметки времени», для функционирования памяти человека важен ничуть не менее, чем пространственный. Люди запоминают не только «где» они что-то делали, видели, слышали, ощущали, но и «когда» это было. Причем временная отнесенность события, временной контекст единственен и неповторим. То есть, один и тот же объект можно воспринять дважды в одном и том же пространстве, но нельзя воспринять его же дважды в одном и том же времени.

«Отметки времени» – органическая часть концепции Н.Н. Брагиной и Т.А. Доброхотовой об асимметрии полушарий как проявлении пространственно-временной организации функций головного мозга. Так, ими предполагается, что функциональный вклад правого (ПП) и левого полушарий (ЛП) в формирование психики человека различен потому, что полушария функционируют по-разному во времени. Парная работа ПП и ЛП осуществляется в настоящем времени так, что ПП опирается на

прошлое, а ЛП – на будущее время. Индивидуальные особенности психики каждого человека предполагаются определяющимися пространственно-временной организацией функционирования его головного мозга, особенностями индивидуальных пространств и времен (настоящего, прошедшего, будущего) [1,2]. Прошедшее время (его содержание) в сознании здорового человека скрыто, подавлено, но потенциально готово к актуализации. У больного с поражением ПП мозга уменьшению актуальности («ослаблению», «исчезновению») индивидуального настоящего времени обычно сопутствует непроизвольное оживление содержания прошедшего времени. В сознании больного оживляются «записанные» на нем чувственные образы бывших восприятий. Латентная готовность к актуализации содержания памяти на события прошлого, по мнению Н.Н. Брагиной и Т.А. Доброхотовой, представляется важнейшим свойством прошедшего времени человека.

С конца XIX века внимание психиатров привлекает своеобразное расстройство психики – результат тяжёлых травм черепа, интоксикаций, инфекций, гипоксии. Это, описанное у больных алкоголизмом еще в 1887 году С.С. Корсаковым состояние, квалифицируется в руководствах по психиатрии как патология памяти. У больных с корсаковским синдромом – корсаковской амнезией утрачена способность к фиксации происходящих событий (фиксационная амнезия). Они не могут запомнить только что услышанное и увиденное, новых для них людей, не находят свою палату, постель, не знают, ели сегодня или нет. В той или иной степени при этом заболевании нарушена ориентация во времени, то есть, характерны ошибочные ответы на вопросы о своём возрасте, текущей дате, времени пребывания в больнице. Однако в памяти удерживается всё, что происходило до начала болезни, сохраняется весь запас приобретенных знаний. Характерны ложные воспоминания; например: больной, два месяца находящийся в психиатрическом отделении, подробно рассказывает о том, что он вчера делал на работе. Предоставленные сами себе такие пациенты пассивны, вялы, ничем не заняты и с поразительным безразличием или благодушием относятся к своему положению. Нередко они могут воспроизвести серию из 5 – 6 прочитанных ими слов в течение небольшого срока (2 минуты, иногда больше), если их не

отвлекли какой – либо другой деятельностью [1,2]. В случае развития амнестического Корсаковского синдрома, по мнению Н.Н. Брагиной и Т.А. Доброхотовой, вероятен дефект механизма нанесения пространственно-временных отметок на образы восприятия. Отечественный психиатр М.Я. Серейский ещё в 1940 году писал: «...то, что при разговоре с этого рода больными выявляется как расстройство способности к запоминанию, представляет нечто другое, чем амнезия в отношении событий. ... Прежде всего и больше всего нарушено чувство времени, осознание фактора времени, временной знак пережитого, хронология» [11].

В 70-годы XX века, когда Н.Н. Брагина и Т.А. Доброхотова начали разработку своей концепции, трудно было представить, что «отметками» – «метками» времени могут служить последовательности поколений «новорожденных» нейронов головного мозга (наверное, все помнят крылатую фразу о том, что «нервные клетки не восстанавливаются»). Однако все оказалось намного сложнее. В результате исследования гиппокампа последних лет появилось нейробиологическое обоснование существования «меток времени».

Гиппокамп принадлежит к «старой», имеющейся у животных, системе мозга – лимбической, чем обуславливается его многофункциональность. Гиппокамп – парная структура, расположенная в медиальных височных отделах полушарий головного мозга. Правый и левый гиппокампы связаны нервными волокнами между собой и другими отделами головного мозга. Именно при поражении гиппокампа возникает описанный выше амнестический синдром Корсакова. Существенно, что уменьшение объёма гиппокампа является одним из ранних диагностических признаков развития слабоумия, прогрессирующей амнезии, в том числе – при болезни Альцгеймера. (Считается, что именно в гиппокампе осуществляется перевод информации из кратковременной памяти в долговременную, происходит так называемая консолидация долговременной памяти). Развивается фиксационная амнезия, затем и прогрессирующая амнезии по известному в психиатрии закону Рибо (при прогрессирующей амнезии утрата содержания памяти происходит в последовательности обратной ее запечатлению: от настоящего времени к прошлому) [2,6,11].

Исследователи из Калифорнийского университета в Дэвисе (США) связали изменения активности гиппокампа с определенными воспоминаниями, определенным контекстом. В процессе исследований проводился следующий эксперимент: человеку показывали серию картинок с какими-то предметами или животными, а потом, через некоторое время, снова показывали ту же серию картинок, но задавая вопросы, которые заставляли человека обращаться к опыту прошлого. Если перед глазами был знакомый контекст, то испытуемый мог достаточно быстро ответить на следующий вопрос. Одновременно с помощью функциональной магнито-резонансной томографии (фМРТ) следили за активностью нейронов головного мозга. С помощью фМРТ исследователям удалось установить, какие паттерны активности нейронов головного мозга соответствуют каждой картинке. Было установлено, что, когда те же объекты-картинки показывали в другой последовательности, активность нейронов мозга отчетливо менялась. Значит, гиппокамп запоминал контекст, причём контекст временной – ведь при смене последовательности новое время появления объектов не совпадало с прежним. Авторы исследования уточняют, что другие центры памяти мозга (например, перинтальная кора) запоминают объекты, образы восприятия безотносительно какого-либо контекста, в котором они когда-то встречались. Было высказано предположение, что некоторые нарушения памяти возникают из-за помех в контекстуальной памяти гиппокампа или дефекте в обмене информацией между чисто «объектными» центрами и «контекстными», локализующимися в гиппокампе [18].

Результаты морфометрического исследования гиппокампа взрослых выявили значительную межполушарную асимметрию в отношении размеров нейронов в полях СА2 и СА3. Размеры тел нейронов положительно коррелируют с возрастом, причём больший размер тел нейронов поля СА2 связан с развитием памяти [26].

В последние годы рядом авторов разрабатывается гипотеза о роли сопряженных процессов неонейрогенеза/нейроапоптоза в формировании долговременной памяти/амнезий [12,13]. Апоптоз – программируемая клеточная смерть, регулируемый процесс самоликвидации на клеточном уровне, в результате которого клетка фрагментируется на отдельные фрагменты-

тельца, ограниченные плазматической мембраной. Фрагменты погибшей клетки обычно быстро (в среднем за 90 минут) захватываются и перевариваются макрофагами или соседними клетками, без развития воспалительной реакции. Морфологически регистрируемый процесс апоптоза продолжается 1–3 часа [5]. В связи с актуальностью темы неонейрогенеза/нейроапоптоза в Плане фундаментальных научных исследований Российской академии медицинских наук на 2013 – 2020 годы есть следующее положение: «Выяснение функционального значения процессов неонейрогенеза и нейроапоптоза в формировании, хранении и реконсолидации долговременной памяти в целях разработки новых методов прогнозирования и ранней диагностики когнитивных нарушений при цереброваскулярных и нейродегенеративных заболеваниях».

Гиппокамп – парная структура, для него установлена асимметрия в формировании биоэлектрических реакций мозга, поведения, адаптивной регуляции. Межполушарная асимметрия головного мозга, в том числе и асимметрия гиппокампа есть и у животных, в частности у крыс и кроликов [3]. Многие функции мозга четко латерализованы и за этим часто стоят глубинные, качественные особенности молекулярного обеспечения этих функций. То есть ФА ГМ обычно четко соответствует биохимическая асимметрия. Вполне возможно, что ФА гиппокампа человека определяется на разных иерархических уровнях ЦНС, а один из них – встраивание «новорожденных» нейронов в уже существующие нейронные сети [1,2,4,10].

Исследователи из (Оксфордский университет, Великобритания) в 2011 году в исследованиях на крысах установили, что возбуждение нейронов левой части гиппокампа, способствовало установлению более прочных взаимосвязей нервных клеток. Образующиеся нейронные сети оказывались более долговечными. Исследователи полагают, что правый гиппокамп может служить фильтром, отсекающим «шум» от того, что должно быть запомнено [19].

Существенно, что межполушарная асимметрия активности нейронов гиппокампа находится в реципрокных отношениях с асимметрией неокортекса, то есть, например, активации правого полушария соответствует угнетение работы левого гиппокампа и наоборот (возможное подтверждение гипотезы

Н.Н. Брагиной и Т.А. Доброхотовой о роли ПП в формировании «отметок времени»). Реципрокность состояния новой коры и гиппокампа наиболее выражена при афферентных сенсорных раздражениях. При этом, если раздражение новое, то в неокортексе усиливается десинхронизация, а в гиппокампе – тета-ритм. Раздражение ретикулярной формации ствола мозга усиливает выраженность тета-ритма в гиппокампе и высокочастотных ритмов в новой коре [10].

В Калифорнийском университете (Лос-Анджелес, США), начиная с 2003 года, группой ученых разрабатывается искусственный гиппокамп крысы [15,17]. При моделировании предполагается, что основная функция гиппокампа – кодирование информации, необходимое для сохранения ее в других отделах головного мозга, в виде долговременной памяти. Так как методы кодирования точно неизвестны, то искусственный гиппокамп смоделирован как совокупность нейронных сетей, функционирующих параллельно. Конструктивно аналог гиппокампа выполнен в виде компьютерного чипа с двумя пучками электродов: входным – для регистрации электрической активности других отделов головного мозга и выходным – для направления электрических сигналов в мозг.

Согласно компьютерной модели, разработанной в Институте биологических исследований Солка (США) в 2009 году [24,25], результат неонейрогенеза – «новорожденные» клетки гиппокампа осуществляют связанное со временем кодирование воспоминаний, установку «временных меток» (они же «временные отметки» – «time-stamp») воспоминаний. Предполагается, что формирование новых воспоминаний связано с повышенной активизацией нейронов гиппокампа в возрасте около двух недель, формирующихся из взрослых стволовых нервных клеток. Эти последние дифференцируются, по всей видимости, постоянно в новые нервные клетки – нейроны (около 100 каждый день), но половина новых нейронов погибает в течение четырех недель после «рождения». Однако при сильной активации (например, при получении важной информации) многие из них выживают. В дальнейшем выяснилось, что скорость образования новых нейронов гиппокампа для взрослого человека оценивается в среднем в 1400 нейронов ежедневно, что соответствует обновлению 1,75% нейронов гиппокампа за год [20].

Возможна разная скорость неонейрогенеза в правом и левом гиппокампе как основа их асимметрии (экспериментально пока не проверялось).

Последнее время свойства сложных сетей находят в основе самых разных явлений и процессов. Установлено (Дмитрий Крюков и др.) [22], что сложные сети можно рассматривать как находящиеся в скрытом метрическом пространстве. Каждый узел сложной сети может иметь ряд скрытых переменных. Расстояние между двумя узлами в этом пространстве определяется вероятностью их связи (учитывая временную природу нейронных сетей возможно измерение этого расстояния в интервалах времени). Важно, что нейронные сети головного мозга можно рассматривать как динамические, временные, – изменяющиеся во времени сложные сети [8,21,23], причем, «узлам» модели могут соответствовать как единичные нейроны, так и их кластеры.

В работе [23] показано, что, при определенных условиях свойства равновесных и неравновесных, изменяющихся с течением времени сетей можно считать эквивалентными. В общем случае, скрытым расстояниям между узлами соответствует их внутреннее сходство. Чем больше сходство узлов сети, тем, скорее всего, больше вероятность связи, и тем меньше гиперболическое расстояние между ними. Иерархической структуре сложных сетей соответствует геометрия с отрицательной кривизной – скрытая метрика и топология. Геометрия гиперболических пространств тесно связана с древовидными структурами. В гиперболические пространства древовидные структуры вкладываются с минимальными искажениями, в то время как в евклидовы пространства они вкладываются с появлением искажений экспоненциального уровня. Другими словами, иерархической организации сложной сети соответствуют свойства скрытых метрических пространств отрицательной кривизны [14, 22].

Нами предполагается, что некоторые аспекты поиска информации в памяти можно моделировать как поиск-навигацию по узлам нейросети (в том числе по узлам – «меткам времени» гиппокампа) с помощью формализма гиперболического пространства (пространства – времени).

Маршрутизация информации – универсальное явление, существующее в естественных и искусственных сложных сетях. Для того чтобы найти правильный маршрут через сложную сеть, в этом контексте, узлы нейронной сети должны «знать» только свои гиперболические координаты и координаты соседей. Узлы сложной сети находят оптимальный путь, просто ретранслируя информацию своему ближайшему соседу в нужном направлении. Известный как «жадная маршрутизация», этот процесс, например, резко увеличивает общую эффективность функционирования интернет-сетей, а также повышает их устойчивость к повреждению. Самый короткий путь в сложной сети соответствует гиперболическим геодезическим между источником и пунктом назначения. Расстояние между двумя узлами в этом пространстве определяется вероятностью их связи [8,22].

В моделировании маршрутизации каждый узел модели «знает»:

1) свои гиперболические координаты (то есть в первую очередь свое место в модели пространстве-времени). Определение того, ориентирован или не ориентирован человек во времени, месте (знает ли свои «координаты»), собственной личности – основа психиатрического обследования. Патология: при развитии деменции обычно ориентировка нарушается именно в этой последовательности (время-пространство-личность), и этому может соответствовать прекращение формирования сначала именно «меток времени», то есть нарушение неонейрогенеза в гиппокампе, что может проявляться как как фиксационная амнезия;

2) гиперболические координаты своих соседей. Патология: в контексте ориентировки во времени – прогрессирующая потеря временных координат «соседей» нейронных узлов гиппокампа в последовательности: от более «молодых» узлов к более «старым», чему может соответствовать инактивация-уничтожение «меток времени», и, соответственно – развитие прогрессирующей амнезии;

3) координаты пункта назначения обозначены на «упаковке» информационного пакета – запроса о предоставлении адресатом информации. С учетом этих трех позиций, узел может направить информационный пакет к своему непосредственному

узлу-соседу, находящемуся ближе всего к месту назначения. Патология: при «стирании» «меток времени» прибытие информационного пакета к адресату резко затрудняется (а при стирании и пространственных меток информация в сложной нейронной сети головного мозга при деменции может попасть к адресату лишь случайно).

Если вероятность связи между парой узлов идентична, не так важно, используются ли в модели статичные графы или графы динамичные, временные.

Нами делается попытка, (взяв за основу S1 модель сложной сети (Kitsak M., Krioukov D. 2011) [21]), моделирования некоторых аспектов процессов инактивации нейронов – нейроаптоза при прогрессирующей потере нейронными сетями информации – прогрессирующей амнезии, с помощью формализма сложных сетей. Предполагается, что регрессии памяти соответствует последовательность апоптоза нейронов гиппокампа – от наиболее «молодых» до наиболее «старых».

S1 модель сложной сети [21] основана на использовании представления сети в виде 1-D евклидового пространства (окружности) с полярными координатами. Узлы сети модели равномерно распределены по окружности радиуса R. N – общее количество узлов модели.

Плотность узлов σ определяется формулой:

$$\sigma = N/2 \pi R \quad (1),$$

где N – количество узлов сети на окружности $S_1 = T' = 2 \pi$.

Каждому узлу N присваивается скрытая переменная – k, чему соответствует плотность вероятности, соответственно p(k). В нашем случае (в S1-модели) – длина окружности модели ($C = 2 \pi R$), при $R = 1$, $C = T' = 2 \pi$. Одна из версий модели с $T' = 2\pi$ – с равномерным распределением узлов с конечным количеством возрастных страт-возрастов узлов N, где N – общее количество узлов модели. Эта версия модели была создана для моделирования социальных сетей, предполагалось, что люди одного возраста чаще, с большей вероятностью будут вступать между собой в контакт. «Возраст» узлов в модели, который растет параллельно с уменьшением количества узлов, определяется параметром σ . Как известно, в безразмерных единицах, $T = 2 \pi / w$, где T (длительности периода времени), в нашей модели соответствует «возраст» узлов, а w (частоте) – σ :

$$T = 2 \pi / \sigma \quad (2).$$

Рассмотрим простейшую сеть, например, состоящую из восьми узлов (подобная структура использовалась для моделирования становления ремиссии алкогольной зависимости как инактивации «алкогольной» подсистемы узлов нейронных сетей головного мозга) [7,9]:

N (число узлов):

... 8 7 6 5 4 3 2 1

σ (плотность узлов):

... 1,27 1,11 0,96 0,80 0,64 0,48 0,32 0,16

T (возраст узлов) = $2 \pi / \sigma$ ($\sigma = wk$, где wk – частота, с точностью до сотых долей единицы):

... (4,94) (5,66) (6,54) (7,85) (9,81) (13,08) (19,63) (39,25)

Легко видеть, что в процессах нейроапоптоза происходит уменьшение числа узлов нейронной сети N и нарастание значений «возраста» узлов T (в единицах времени). Здесь значения T имеют смысл:

а) «возраста» ускоренно «стареющей», теряющей узлы нейронной сети,

б) «расстояния», в безразмерных единицах времени от узла до начала координат (с возрастом узла равным нулю). Соответственно в модели процесс нейроапоптоза «распространяется» от 0 координат к ближайшему (или нескольким ближайшим) узлам, и далее, к следующим узлам, находящимся на наименьшем расстоянии.

Важно, что, возможна и другая, дополнительная к первой, интерпретация этого процесса – апоптоз узлов модели происходит в следующем порядке: от более «молодых», то есть образовавшихся или активированных наиболее поздно, к более «старым», то есть образовавшихся или активированных раньше, чему может соответствовать прогрессирующее «стирание» временных меток воспоминаний, утрата накопленной информации – прогрессирующая амнезия. Такая трактовка модели хорошо объясняет особенности амнезий при дегенеративных заболеваниях нервной системы как прогрессирующий апоптоз нервных узлов гиппокампа, возможно именно левого гиппокампа.

Предложена модель процесса развития прогрессирующей амнезии при дегенеративно-атрофических процессах головного мозга в виде сети нейронных узлов (соответствующих нейронной сети гиппокампа – основы «временных меток» воспоминаний) с убывающим в результате апоптоза количеством узлов-нейронов от более «молодых» поколений – результата неонейрогенеза к более «старым» поколениям нервных клеток. Модель объясняет последовательность утраты сетью информации о временной отнесенности воспоминаний: от фиксационной амнезии, утраты информации «новой», недавно зафиксированной, к все более «старой», полученной в прошлом. «Стирание» предсказанных Т.А. Доброхотовой и Н.Н. Брагиной временных меток, делает недоступным воспроизведение еще имеющейся в нейронах других отделов головного мозга информации о прошлом.

Литература

1. Брагина Н.Н., Доброхотова Т.А. Функциональные асимметрии человека. – М.: Медицина. 1988. – 240 с.
2. Доброхотова Т. А., Брагина Н. Н. Функциональная асимметрия и психопатология очаговых поражений мозга. – Москва. 1977. – 357с.
3. Иоффе М.Е., Плетнева Е.В., Сташкевич И.С. Природа функциональной моторной асимметрии у животных: состояние проблемы // Журн. Высш. Нерв. Деят. 2002. Т 52. №1. – С.5.
4. Каменсков М.Ю. Физиологические и биохимические аспекты функциональной асимметрии. // Клиническая психиатрия и физиология. <http://psychiatry.narod.ru>
5. Манских В. Н. Пути гибели клетки и их биологическое значение // Цитология. – 2007. – Т. 49. – № 11. –(С. 909-915).
6. Никонов Ю.В. Об амнезии Корсакова (возможная интерпретация)//Хронос и Темпус (Природное и социальное время: философский, теоретический и практический аспекты): Сб. научн. трудов/Под ред. В.С.Чуракова (серия «Библиотека времени». Вып.6).– Новочеркасск: Изд-во «НОК», 2009. – 356с.– (С. 286-296).
7. Никонов Ю.В. О закономерностях становления ремиссии алкогольной зависимости в контексте модели «хищник-жертва» // Сознание и физическая реальность. – 2010. Т.15, № 2. – (С. 16 - 21).

8. Никонов Ю.В. Амнезии, межполушарная асимметрия, сложные сети // *Время и рациональность (философский, теоретический и практический аспекты)* /сб. научн. тр./под ред. В.С.Чуракова (серия «Библиотека времени». Вып. 10) – Новочеркасск: Изд-во «НОК», 2013. – 358с. – (С. 86 - 97).

9. Никонов Ю.В. Структура и динамика этанол-зависимой функциональной системы на ранних этапах становления ремиссии алкогольной зависимости в виде двудольной нейронной сети // *Труды III Всероссийской конференции «Нелинейная динамика в когнитивных исследованиях» 25-27 сентября 2013 года.* – Нижний Новгород. – (С. 106-108 с.).

10. Павлова И.В., Ванециан Г.Л. Зависимость межполушарной асимметрии неокортекса и гиппокампа от формы поведенческой реакции кроликов//*Труды всероссийской конференции: Структурно-функциональные и нейрохимические закономерности асимметрии и пластичности мозга.* – 2006. г. Москва.

11. Серейский. М.Я. Корсаковский психоз в свете современной клиники. 50 лет психиатрической клиники им. С.С. Корсакова. – М.: Издательство Академии медицинских наук СССР, 1940. – (С. 43 – 51).

12. Шерстнев В.В., Юрасов В.В., Сторожева З.И., Грудень М.А., Прошин А.Т. Нейрогенез и апоптоз в зрелом мозге при формировании и упрочении долговременной памяти// *Нейрохимия.* – 2010. 2. – (С. 130-137).

13. Aimone J. all. Computational Influence of Adult Neurogenesis on Memory Encoding. *Neuron.* – 2009. 61. – Pp. 187-202.

14. Albert R., DasGupta B., Mobasher N., Topological implications of negative curvature for biological and social networks. 5 Mar 2014. – arXiv:1403.1228v1 [q-bio.MN]

15. Berger et al. A cortical neural prosthesis for restoring and enhancing memory

J. Neural Eng. – 2011. – P. 8046017

16. Deng W., Aimone J., Gage F. New neurons and new memories: how does adult hippocampal neurogenesis affect learning and memory? // *Nature Reviews Neuroscience.* – 2010.vol. 11. no. 5. – Pp. 339-350.

17. Graham-Rowe D. The world's first brain prosthesis. – 15 March. 2003. Magazine issue. – P. 2386.

18. Hsieh et al. Hippocampal Activity Patterns Carry Information about Objects in Temporal Context // *Neuron*, Volume 81. Issue 5. 5 March 2014. – Pp. 1165-1178
19. Kohl M. et al. Hemisphere-specific optogenetic stimulation reveals left-right asymmetry of hippocampal plasticity. *Nature Neuroscience*. – 2011. – Pp. 1413-1415.
20. Kirsty L. et al. Dynamics of Hippocampal Neurogenesis in Adult Humans// *Cell*, Volume 153. – 6 June 2013. – Pp. 1219-1227.
21. Kitsak M., Krioukov D. Hidden Variables in Bipartite Networks. *Phys. Rev. E* 84. – 2011. – P. 026114.
22. Krioukov D., Papadopoulos F., Kitsak M., Vahdat A. and Boguna M. Hyperbolic Geometry of Complex Networks. *Phys Rev E* 82. – 2010. – P. 36106.
23. Krioukov D., Ostilli M. Duality between equilibrium and growing networks, *Physical Review E*. – 2013. v. 88. – P. 022808.
24. MacDonald Ch. et al. Hippocampal “Time Cells” Bridge the Gap in Memory for Discontiguous Events// *Neuron*. Volume 71. Issue 4. 25 August 2011.– Pp. 737-749.
25. Salk Institute. "Newborn Brain Cells 'Time-stamp' Memories." //ScienceDaily. ScienceDaily, 29 January 2009. – www.sciencedaily.com/releases/2009/01/090128122812.htm.
26. Zaidel D.W. Quantitative Morphology of Human Hippocampus Early Neuron Development // *The Anatomical Record*. – 1999. 254. – P. 87-91.

УДК 530

© НИКОНОВ Ю.В., 2014
ПАМЯТЬ И ВРЕМЯ В МОДЕЛИ
ИНДИВИДУАЛЬНОЙ СЕТИ ВЕТВЛЕНИЙ
ЭВЕРЕТТА ЧЕЛОВЕКА

Введение. Рядом исследователей [31,33,34,53,54] ведется активное исследование топологических свойств сложных сетей, применимых для моделирования динамики пространственно-временных свойств мозга человека и индивидуальных (то есть соотнесенных с субъектом – человеком) сетей ветвлений Эверетта в рамках многомировой интерпретации (ММИ) квантовой механики [13,14,50,65]. Сохраняют свое значение многолетние исследования Н.Н. Брагиной и Т.А. Доброхотовой [3,5,27], которые на основе клинических наблюдений и сравнительного анализа психопатологических синдромов, характерных для поражения правого и левого полушарий головного мозга разработали концепцию пространственно-временной организации нервно-психической деятельности человека, соотнесенной с функциональной асимметрией головного мозга (ФА ГМ).

Нами была опубликована гипотеза [17,18,20,21], согласно которой некоторые свойства ФА ГМ и, сопряженные с ними особенности индивидуальных сетей ветвлений Эверетта, могут моделироваться с помощью:

а) учета квантовоподобных свойств сложных сетей [8,33,34,64].

б) использования метрики сложных, в том числе двудольных (ДД) сетей с гиперболической геометрией [4,31,38,52,54].

Согласно положениям ММИ квантовой механики [13,14], мировые линии соотнесенных состояний – ветвлений между собой не взаимодействуют. В рамках концепции эвереттики, взаимодействия обладающих квантовыми свойствами ветвлений, так называемые «склейки» возможны, например, в виде запутанности-сцепленности-соотнесенности, квантовой интерференции ветвлений, туннелирования) [6,7,13,14]. В рамках концепции индивидуального времени человека Н.Н. Брагиной и Т.А. Доброхотовой [3,5] парная работа полушарий головного мозга осуществляется в настоящем времени так, что у большинства людей (правшей) правое полушарие опирается на

прошлое время, а левое – на будущее время. Причем выраженность асимметрии прошлого и будущего времени соотносится с состоянием ФА ГМ. Чем более актуально настоящее время, тем менее открыто прошлое и тем более очерчено будущее.

Можно условно выделить три источника и три составные части модели индивидуальной сети эвереттических ветвлений человека:

1. Квантовая физика:

а) ММИ квантовой механики, современное состояние вопроса [2,6,7,13,14,50,65].

б) Квантовые сети и их геометрические модели, древовидноподобные структуры с гиперболической метрикой как модели запутанности частиц [60,61,64,66, 69].

в) Квантовоподобные свойства сложных сетей: запутанность, квантовая интерференция, туннелирование [2,6,7,64].

г) голографический принцип (в том числе в виде соответствия пространства Анти-де-Ситтера и конформационной теории поля ((AdS/CFT) – соответствия) [2,16,58,30,59,69,70].

2. Сетевая парадигма. Древовидноподобные структуры с гиперболической метрикой сложных сетей [29,33,53,54,55,56,62].

3. ФА ГМ человека и нейропластичность (свойство мозга, заключающееся в возможности изменяться под действием опыта) в процессе онтогенеза. Моделирование динамики нейропластичности мозга человека в онтогенезе [3,5,22,27].

В рамках опубликованной нами гипотезы [17,18,20,21] в ММИ квантовой механики пространству-времени «будущего» в этом контексте соответствует подсистема (А) – подсистема альтерверсов (совокупность всех возможных состояний объекта) развивающейся индивидуальной сети ветвлений Эверетта. Пространству-времени «прошлого» соответствует подсистема (Б) – мультивидуум (совокупность всех возможных состояний сознания наблюдателя, с соответствующей памятью). Причем состояние памяти – ветвлений прошлого определяет состояние ветвлений будущего [17]. В рамках этой гипотезы свойства нейронных сетей головного мозга человека и свойства индивидуальной сети ветвлений Эверетта могут моделироваться при помощи древовидных структур и гиперболической геометрии.

Продолжает работать над проблемой соотношения ММИ квантовой механики, сознания, памяти и нейронных сетей физик, приват-доцент Ольденбургского Университета в ФРГ Лутц Поллей (2014) [65]. А в статье А. Шапера, Ф. Вильчека и З. Хионга (2012), авторский коллектив которого включает нобелевского лауреата по физике Фрэнка Вильчека, утверждается, что изменения в унитарно-ограниченных граничных условиях позволяют осуществлять непрерывное вложение Гильбертовых пространств квантовой механики в топологически различные многообразия. Авторы пишут: «Идея того, что квантовая волновая функция потенциально описывает многомирие, получила реализацию в четкой и ясной форме в виде квантовой динамики» [67]. Доктор физико-математических наук Л.В. Ильичев (Новосибирский государственный университет, Институт автоматки и электрометрии СО РАН), рассматривает ветвящееся время в контексте концепции эвереттики как соответствующую структуру памяти мультивидуума, то есть снижение памяти на прошлые события эквивалентно снижению числа эвереттических ветвлений [9,50]?

Опубликованная в 2009 году статья Б. Свиндла [69] обосновала, каким образом квантовая запутанность порождает в пространстве дополнительное измерение, как из квантовой запутанности возникает голографическое пространство более высокой размерности. Статья Ван Раамсдонка (2010) [66], развивает эту тему – в ней показано, как эффект Эйнштейна-Подольского-Розена, (одна из формулировок эффекта квантовой запутанности) порождает геометрию классического пространства-времени. Развивая эту тему, Мацуэда (2012) [60] доказывает, что энтропия запутанных квантовых состояний («сети» запутанных состояний) эквивалентна площади, определяемой квадратом радиуса кривизны соответствующего $(d + 1)$ AdS-пространства. А Йенсен и Карх в своей работе (2013) [51] показали как выглядит физика запутанной пары кварк-антикварк (находящейся в обычном 3D-пространстве), когда составляющие пару кварки разбегаются друг от друга с такой скоростью, что становится невозможным передача сигналов между ними. С переходом рассмотрения в 4D-пространство оказывается, что запутанность пары кварков, с геометрической точки зрения становится кротовой норой. В статье Зоннера (2013) [68], полу-

чен тот же результат при рассмотрении порождения и разлете пары кварк-антикварк в сильном электрическом поле (эффект Швингера), то есть запутанные элементарные частицы 4D-мира оказываются соединенными через кротовую нору в мире 5D. Очень важно, что «кротовая нора» и запутанная пара квантовых частиц «не живут» в одном и том же пространстве-времени, хотя с математической точки зрения их описания в 4D и в 5D-пространстве-времени эквивалентны.

Вообще AdS-пространство в современной литературе чаще упоминается именно в контексте гипотезы голографической дуальности – в теории суперструн и ее реализации в виде AdS/CFT соответствия и асимптотически AdS – AAdS/CFT соответствия [2,58,59,60,61,70]. Базовые элементы этой структуры – 5-мерное AdS-пространство и 4-мерная «конформная теория поля» (CFT). 4-мерный мир (4-D) в этой модели – мир CFT, хотя и похож своей физикой во многом на наш, однако в нем в принципе нет гравитации. 5-мерный мир (5-D) AdS («оболочкой» которого является CFT), хотя и обладает силой гравитации, однако имеет резко отличающуюся от нашего мира физику и геометрию пространства.

Значительная часть теоретиков квантового компьютеринга, в том числе Дэвид Дойч [6,7] придерживаются ММИ. По Дойчу: в мультивселенной «...каждый мультиверсный объект можно приблизительно считать состоящим из «экземпляров» по одному в каждой вселенной, часть которых идентична, а часть — нет». «Экземпляры человека не могут обмениваться информацией. Человек: «эмерджентный квазиавтономный поток информации в мультивселенной», который существует во множестве экземпляров, «... разумные существа, – каналы крайне необычные, каналы, по которым (иногда) развивается знание». Это может иметь колоссальные последствия не только внутри отдельной истории (где это может, например, выражаться в том, что влияние не уменьшается с расстоянием), но и в мультивселенной в целом... сущности, создающие знания в разных историях, быстро становятся больше похожими друг на друга, чем иные сущности» [7]. Дойч задает вопрос: «Что если существует нечто отличное от информационного потока, способное вызывать когерентные, эмерджентные явления в мультивселенной? Это нечто: «знание или нечто иное..., какой-нибудь новый

аналог коммуникации, который, как и квантовая интерференция, не включает пересылку сообщений» [7].

Попытку ответа на вопрос, чем живые существа отличаются от неживого, недавно дал Владимир Лефевр [15]. Во-первых, он рассмотрел существование «космических субъектов», которые в рамках, впрочем, обычной бесконечной немультивселенной, также как и в варианте существования мультивселенной квантовой не имеют возможности обмениваться информацией, но ведут себя в терминах Дойча «когерентно и эмерджентно», с целью продления времени существования Вселенной. Лефевр озвучивает «пропущенный» Дойчем аспект: эти космические субъекты руководствуются моральным императивом, который в масштабах Вселенной действует как физический закон. В своей последней работе: «Что такое одушевленность?» [15] для решения проблемы сознания Лефевр вводит понятие «эйдос-навигатор» – «идеальный физический процесс», который и есть сознание человека, «...поведение человека предопределяется не только мозгом, но и навигатором», «сознание есть форма существования идеального физического». «Навигаторы есть идеальные сущности, эйдосы, а реальные физические процессы – тени эйдосов на стенах пещеры». Нельзя не упомянуть, в этом контексте еще одного неоплатоника – Роджера Пенроуза, который пишет о реальности трех миров: мира математических понятий Платона, мира физического и мира ментального [25].

Развиваемая в теории сложных двудольных (ДД) сетей концепция скрытых переменных [52] основана на формализме, используемом для «обычных» сложных сетей (а значит, в том числе для нейронных сетей головного мозга и сетей ветвлений Эверетта). Нами опубликована гипотеза, согласно которой некоторые аспекты поиска информации в памяти человека можно моделировать как поиск-навигацию по узлам нейронной сети, соотнесенным с сетью эвереттических ветвлений человека, описываемых, в частности, с помощью формализма AdS-пространства – времени [17,22]. Установлено, что в ДД сетях узлы обоих типов можно рассматривать как находящиеся в скрытом метрическом пространстве. Расстояние между двумя узлами в этом пространстве определяется вероятностью их связи, что не противоречит положениям ММИ. Вероятность собы-

тия в эвереттике может определяться как доля ветвлений альтерверса, содержащая одинаковые соотнесенные состояния взаимодействующих объектов [13]. В простейшем случае взаимодействия квантовых систем, одному «узлу» сети – состоянию мультивидуума может соответствовать два и более состояний альтерверса [13,14]. В работах Дмитрия Крюкова с соавторами [53,54] изучается соответствие свойств растущих сложных сетей варианту квантовой статистики Ферми-Дирака, в том числе и их динамика при изменении температуры. Выявлена высокая «жизнеспособность» сложных сетей, то есть их устойчивость к повреждениям. Устойчивость к повреждениям – важное свойство нейронных сетей, но рано или поздно повреждения нейронных сетей головного мозга человека начинают проявляться клинически, в том числе как выраженное снижение памяти, которое сопровождается прогрессирующим уменьшением спектра поведенческих стратегий, возможностей выбора [24,29].

Существуют достаточные основания для предположения: «прокладывание оптимального пути» мультивидуума через множество узлов-мест выбора в индивидуальной сети ветвлений Эверетта (и, соответственно, в метрическом пространстве сети Эверетта) от момента рождения до смерти может происходить в соответствии с закономерностями маршрутизации в сложных сетях [36]. Нейронные сети не будут выполнять свои функции, если носители информации – нервные импульсы не будут проходить по оптимальным маршрутам по нейронным сетям полушарий головного мозга. Маршрутизация информации – универсальное явление, существующее в естественных и искусственных сложных сетях (а значит, вероятно, и в сетях эвереттовских ветвлений). Механизм маршрутизации информации опирается на наличие в сложных сетях скрытого метрического пространства (в том числе и со свойствами ДД сети) [36,62]. Существенно, что оптимальный путь передачи информации в моделях с гиперболической геометрией, согласно модели Дмитрия Крюкова с соавторами – геодезические линии [54]. Успешный путь передачи информации в этом случае – кратчайший путь, который в сложной сети находится близко к гиперболическим геодезическим линиям. В Интернете для поиска конкретного узла (когда его координаты не известны) с целью доставки к нему информации задается ряд параметров –

атрибутов искомого узла, далее происходит последовательная оптимизация пути между взаимодействующими «малыми мирами» [36,62] сложной сети, пока узел не будет найден и информация не будет доставлена.

Доказано [63], что рост ряда социальных сетей в Интернете идет двумя путями:

- а) за счет наиболее популярных сетевых узлов,
- б) за счет узлов, наиболее похожих друг на друга по своим свойствам.

Если допустить применимость этой закономерности к сложным сетям ветвлений Эверетта, то появляется потребность в определении: что может соответствовать «наиболее популярным» ветвлениям-мировым линиям в онтогенезе человека, а что – ветвлениям «наиболее схожим». В этом контексте – поиск сходства – «наиболее похожих друг на друга» узлов сети и поиск «наиболее популярных» (по аналогии с узлами социальных сетей Интернета) узлов ветвлений, примененный к индивидуальным сетям ветвлений Эверетта человека, – две возможные жизненные стратегии начальных периодов онтогенеза, жизненного пути, по крайней мере – детства и юности:

а) прожить жизнь «не хуже других», «как все». Выбирать наиболее вероятные и знакомые, похожие на уже пройденные ветвления сети;

б) стремиться к «наиболее популярным» «узлам сети», маршрут к которым может оказаться сопряженным с большей неопределенностью.

в) компромисс между стратегиями а) и б) (авторами модели вводится понятие «аттрактивности-привлекательности» узла сети) [63].

Нами опубликована гипотеза [20,21], согласно которой прохождение жизненного пути человеком от рождения до смерти может рассматриваться как поиск оптимального маршрута прохождения информации. Конец поиска – смерть индивида, «точные координаты» которой (время, место, обстоятельства) неизвестны. В определенном смысле «поисковая машина» мультитуума «прокладывает маршрут» в зону наиболее вероятной (в числе прочего – хронологически) и «наиболее оптимальной» (при имеющихся параметрах сети ветвлений) смерти.

В соответствии с моделью развития головного мозга А.Т. Терехина (МГУ)[11,12,26] с соавторами, в период развития головного мозга средняя интенсивность межнейронных связей сначала увеличивается, а затем уменьшается. Первоначальное усиление межнейронных связей ассоциируется с развитием мозга, а их последующее ослабление – с его инволюцией. Период развития межнейронных связей сопровождается увеличением числа аттракторов сети, а период инволюции нейронных сетей головного мозга – интеграцией, сопровождающейся сглаживанием рельефа функции энергии сети и уменьшением числа ее аттракторов. То есть модель А.Т. Терехина основана на оптимизации распределения энергии в сети. В этой модели рекуррентные сети формальных нейронов, обучаемые по правилу Хебба, воспроизводят основные когнитивные способности мозга – запоминание и ассоциативное вспоминание внешних образов, их обобщение и произвольное комбинирование, решаются задачи оптимизации энергии. Причем, динамика нейронной сети состоит в изменении ее состояния в направлении уменьшения функции энергии, то есть в движении к ближайшему локальному минимуму этой функции. Усложнение рельефа функции энергии и увеличение числа ее аттракторов продолжают вплоть до завершения процесса развития мозга, ориентировочно – к 20 годам, в результате чего становится более неровным рельеф функции энергии и увеличивается число ее локальных минимумов-аттракторов. В годы детства, отрочества и юности значительная часть межнейронных связей элиминируется, соответственно падает и плотность дофаминовых рецепторов, но при этом локальные минимумы функции энергии, углубляются [26].

На основе вышеизложенного есть основания предполагать, что динамика интенсивности межнейронных связей, их оптимизация (в 4-D пространстве-времени) сопряжена с динамикой-оптимизацией индивидуальных эвереттических ветвлений в онтогенезе. Причем, динамика состояния памяти в онтогенезе человека соответствует, сопряжена с динамикой-оптимизацией эвереттических ветвлений прошлого времени. То есть, в процессе онтогенеза человека количество эвереттических ветвлений первоначально увеличивается, возможно, согласно принципу роста сложной сети «преимущественного присоедине-

ния», а затем происходит снижение и оптимизация их числа, чему соответствует и снижение числа аттракторов (которые можно представить как коридоры вероятностей).

Какой физический смысл в становлении неровного рельефа функции энергии и увеличении числа ее локальных минимумов (аттракторов) для индивидуальной сети Эверетта? Получается, что частным случаем оптимизации энергии сложной сети является оптимизация сети ветвлений Эверетта человека-наблюдателя. Задачей оптимизации является уменьшение числа эвереттических ветвлений, изменение их структуры в соответствии с возрастом, с целью оптимального прохождения маршрута жизненного пути. Причем, критерии этой оптимальности отнюдь не очевидны. Например, максимально возможная продолжительность жизни не является таким безусловным критерием без учета уровня функционирования головного мозга и соответственного состояния памяти, соматического состояния (вспомним о больных с вегетативным состоянием («бодрствующая кома»), резко выраженным слабоумием и т.д.).

Задачи оптимизации в настоящее время эффективно решаются с помощью адиабатического квантового компьютера [35,37]. Многие математические задачи компьютеринга переформулируются в терминах проблем оптимизации. В частности, это задачи построения искусственного интеллекта, распознавание речи, поиска неструктурированной информации в интернет-сети, моделирование сворачивания белков и динамики других сложных биомолекул. Адиабатическим называют термодинамический процесс в макроскопической системе, при котором система не обменивается теплом с окружающим пространством. Он должен оптимально моделировать динамику модельной нейронной сети, и, вероятно, динамику сети ветвлений Эверетта человека. Причем, само устройство этого компьютера, возможно, может служить моделью эвереттической сети ветвлений. То есть, индивидуальная сеть ветвлений Эверетта в онтогенезе, на протяжении жизненного пути человека, может рассматриваться как адиабатический квантовый компьютер, вычисляющий оптимальную траекторию жизненного пути. На уровне +1D эта сеть вложена в гиперболическое пространство-время.

Адиабатический квантовый компьютер D-Wave [35,37,57] (в настоящее время (2014) работает компьютер D-Wave Two) построен на базе технологии под названием «квантовый отжиг» (quantum annealing). D-Wave решает математические проблемы оптимизации путем их преобразования в физическую задачу о сокращении потребления энергии. Иначе говоря, алгоритм обработки построен так, что итоговое состояние системы множества кубитов компьютера является не только наиболее естественным состоянием энергетического минимума, но и соответствует достижению нужного-оптимального результата – решения задачи. Вообще естественный переход системы к минимуму энергии обычно называют «остыванием», а «отжигом» называют конкретный термин для технологического охлаждения материала. Процесс квантового отжига происходит с использованием эффекта квантового туннелирования. Классическим примером одной из проблем оптимизации – задач для D-Wave, является задача коммивояжера. Коммивояжеру-автомобилисту требуется посетить несколько городов, причем так, чтобы маршрут сопровождался минимальным расходом времени и ресурсов-бензина, а также происходил без повторных заездов в один и тот же город (если это возможно).

В этом контексте уместно вспомнить концепцию Дж. Барбура, в которой устраняется различие между прошлым и будущим за счет использования уравнения Уиллера-Девитта, которое описывает квантовую эволюцию 3-D геометрии пространства в суперпространстве таких геометрий с различными метриками. Причем, для каждого универса с присущей ему топологией и метрикой уравнение Уиллера-Девитта позволяет найти вероятность, которая ему соответствует [1,32].

Так как картина мира Барбура [32] рассматривает силы тяготения, то с точки зрения голографического принципа она соответствует 5-D пространству, а соответствующие квантовые фермионо-, бозоно-подобные свойства «работают» в 4-D пространстве. Барбур обосновывает безвременной принцип наименьшего действия. Ключевым понятием принципа является «конфигурационное пространство Вселенной». Во Вселенной N частиц, каждая частица имеет 3 координаты. Соответственно, $3N$ параметров определяют полную конфигурацию, что соответствует единственному представлению точки p в абстрактном

3N-мерном пространстве. Так как конфигурация Вселенной-универса изменяется, то точка p перемещается по некоей кривой. По Барбуру «удивительно простой и красивый» принцип наименьшего действия, «в малоизвестной вневременной форме принципа Якоби» выделяет специальные кривые, для которых верны законы Ньютона. Выбираются две фиксированные точки – две конфигурации Вселенной-универса. Рассматриваются все возможные кривые, которые соединяют эти две точки. В обычной формулировке, все возможные кривые предполагаются такими, чтобы на их прохождение затрачивался фиксированный интервал времени. По Барбуру, это предположение излишне, и для одной из пробных кривых – экстремальной кривой, действие будет меньше, чем для любой другой. Время возникает только на этой экстремальной кривой.

Жизненный путь человека может рассматриваться и как задача оптимизации и как задача маршрутизации прохождения жизненного пути [23]. «Человеческая жизнь – нелинейная система, может быть, самая нелинейная из всех систем, что обусловлено свободой духа, непредсказуемостью каждого выбора. Этот отражается и на структуре возрастов», – отмечает культуролог М.Н. Эпштейн. Набирает силу принципиально новая – сетевая – модель возраста, что коренным образом меняет традиционные представления о нем. В современном мире усложняются представления о характере движения по возрастам жизни, возрастные кризисы рассматриваются как точки ветвления, обуславливающие вероятность выбора последующих возрастных миров [28].

Суммируем, какие свойства можно ожидать у индивидуальных сетей ветвлений Эверетта на основе экстраполяции положений теории сложных сетей. Напомним, что кратчайшие расстояния в метрическом пространстве сложных сетей – геодезические линии, которые имеют наибольшую вероятность существования. Наиболее оптимальная маршрутизация в сети ветвлений может соответствовать геодезическим линиям в искривленном гиперболическом метрическом пространстве, расстояния в котором определяются вероятностью связей узлов сети.

Метрическое пространство ветвлений обладает кривизной, вероятно, с гиперболическими свойствами. В таком метрическом пространстве (с размерностью $+1D$ по отношению к уров-

ню квантовых свойств сети ветвлений) с вложенной сетью индивидуальных ветвлений Эверетта (в масштабе всего жизненного пути человека) – множество заданных вероятностных параметров поиска конечного состояния индивидуальной сети ветвлений (смерти) может пересечься с вероятностными параметрами рождения мультивидуума и соответствующей сети ветвлений. Предложена модель, в рамках которой предполагается наличие в онтогенезе человека сопряженной динамики нейронных сетей головного мозга, и ветвлений индивидуальных сетей Эверетта человека.

Модель онтогенеза человека в этом контексте может рассматриваться состоящей из двух дуальных подсистем, «живущих» в отличающихся размерностью (соответственно 5-D и 4-D) пространствах:

- а) подсистема маршрутизации по сети ветвлений;
- б) подсистема решений задачи оптимизации жизненного пути человека, нахождения его аттракторов. В свою очередь моделью решения задачи оптимизации может быть «квантовый отжиг» в адиабатическом квантовом компьютере. Динамика интенсивности межнейронных связей, их оптимизация соответствует, сопряжена с динамикой-оптимизацией ветвлений индивидуальных сетей Эверетта в онтогенезе. Причем, динамика состояния памяти в онтогенезе человека соответствует, сопряжена с динамикой-оптимизацией эвереттических ветвлений прошлого времени. А.Т. Терехин с соавторами [11] пишут об оптимизации мозга в онтогенезе следующее: «...если проследить тенденцию уменьшения числа аттракторов сети с возрастом вследствие сглаживания рельефа функции энергии до логического конца, то мы должны прийти к выводу, что, в конечном итоге, в сети должен остаться только один аттрактор – самый глубокий, концентрирующий в себе интегральное представление мозга о мире». Естественно, возникает вопрос: «Что соответствует «самому глубокому, концентрирующий в себе интегральное представление мозга о мире» аттрактору в сети индивидуальных ветвлений Эверетта»? Вспоминается задача оптимизации пути коммивояжера, путь которого не должен допускать повторных заездов в один и тот же пункт, но бывают условия, в которых избежать этого нереально. Нами [20] подобное «неоптимальное» состояние индивидуальной сети ветвлений Эверетта на поздних этапах онтогенеза

описывалось как замкнутая временная линия с квантовыми свойствами.

Заключение. Предложена модель сопряженной динамики нейропластичности, функциональной асимметрии нейронных сетей головного мозга, состояния памяти и ветвлений индивидуальных сетей Эверетта в онтогенезе человека. Динамика интенсивности межнейронных связей, их оптимизация сопряжена с динамикой-оптимизацией индивидуальных эвереттических ветвлений прошлого и будущего в онтогенезе человека. Предполагается, что для реализации моделирования этой задачи оптимизации в настоящее время наиболее подходит процесс «квантового отжига» в адиабатическом квантовом компьютере D-Wave.

Литература

1. Березина Т.Н. О вероятностном аспекте явлений прошлого и будущего / Т.Н. Березина // Философия и культура. – 2010, – №11 (35). – (С. 71-81).
2. Брайан Г. Скрытая реальность: Параллельные реальности и глубинные законы космоса. Пер. С англ. Под ред. В.О. Малышенко. – М.: УРСС: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2013. – 400с.
3. Брагина Н.Н., Доброхотова Т.А. Функциональные асимметрии человека. – М.: Медицина, 1988. – 240 с.
4. Громов М. Гиперболические группы. – Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2002. – 160 с.
5. Доброхотова Т. А., Брагина Н. Н. Функциональная асимметрия и психопатология очаговых поражений мозга. – Москва, 1977. – 357 с.
6. Дойч Д. Структура реальности. –Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая Динамика». 2001. – 400 с.
7. Дойч Д. Начало бесконечности: Объяснения, которые меняют мир. – М.: Изд-во Альпина Нон-фикшн, 2014. – 581 с.
8. Ежов А.А., Терентьева С.С. Исследования социального неравенства с помощью многоагентных моделей для различных типов сетей связей // [Современные исследования социальных](#)

проблем (электронный журнал), 2012, №4. – <http://sisp.nkras.ru/e-ru/issues/2012/3/terentyeva.pdf>

9. Ильичев Л.В. «К модели ветвящегося пространства-времени», *Философия науки*, 2007. № 2 (33). – (С. 65 - 80).

10. Ильичев Л.И. «Трудности онтологической концепции квантового состояния при наличии причинных петель». Эл. ресурс. Сайт МЦЭИ <http://www.everettica.org/news.php3>.

11. Карпенко М.П., Качалова Л.М., Будилова Е.В., Терехин А.Т. Когнитивные преимущества третьего возраста: нейросетевая модель старения мозга. *Журнал высшей нервной деятельности*, 2009. Т. 59, №2 – (С. 291-295).

12. Карпенко М.П., Чмыхова Е.В., Терехин А.Т. Модель возрастного изменения восприятия времени, основанная на кривых запоминания и забывания// *Вопросы психологии*, 2009. № 2 – (С. 75-81).

13. Лебедев Ю.А. Эвереттическая аксиоматика.– М.: Фирма «ЛеЖе», 2009. – 269 с.

14. Лебедев Ю.А. Эвереттическая проблематика.– М.: Фирма «ЛеЖе». 2010. – 330 с.

15. Лефевр В.А. Что такое одушевленность? – М.: Когито-Центр, 2003. – 125 с.

16. Малдасена Х. Черные дыры и структура пространства-времени // <http://elementy.ru/lib/25531/25538>.

17. Никонов Ю.В. О возможных темпорологических свойствах ветвлений Эверетта. // *Темпоральный мир (Современное состояние изучения времени: философский теоретический и практический аспекты): сб. научн. тр./под ред. В. С.Чуракова (серия «Библиотека времени». Вып.9) – Новочеркасск: Изд-во «НОК»*, 2012. – (С. 349 - 358).

18. Никонов Ю.В. О Моделировании топологии нейросетей // XVI Международная конференция по нейрокибернетике (ICNC-12). 24-28 сентября 2012 г., г. Ростов-на-Дону, Россия. Доклад. Материалы конференции. Т. 2. – (С. 134 - 137).

19. Никонов. Ю.В. О моделировании межполушарной асимметрии головного мозга при некоторых психопатологических процессах// *Асимметрия*. Т.6 (2), 2012. – (С. 25 - 34).

20. Никонов Ю.В. О моделировании топологии сети ветвлений Эверетта// *Время и рациональность (философский, теоретический и практический аспекты) /сб. научн. тр./под ред.*

В.С.Чуракова (серия «Библиотека времени». Вып. 10) – Новочеркасск: Изд-во «НОК», 2013. – (С. 111- 126).

21. Никонов Ю.В. Приложение к статье: «О моделировании топологии сети ветвлений Эверетта»// Время и рациональность (философский, теоретический и практический аспекты) /сб. научн. тр./под ред. В.С.Чуракова (серия «Библиотека времени». Вып. 10) – Новочеркасск: Изд-во «НОК», 2013. – (С. 127 – 131).

22. Никонов Ю.В. Амнезии, межполушарная асимметрия, сложные сети // Время и рациональность (философский, теоретический и практический аспекты) /сб. научн. тр./под ред. В.С.Чуракова (серия «Библиотека времени». Вып. 10) – Новочеркасск: Изд-во «НОК», 2013. – (С. 86- 97).

23. Никонов Ю.В. Психологическое время // Время и рациональность (философский, теоретический и практический аспекты) /сб. научн. тр./под ред. В.С.Чуракова. (серия «Библиотека времени». Вып. 10) – Новочеркасск: Изд-во «НОК», 2013. – (С. 98 - 110).

24. Никонов Ю.В. Амнезии, межполушарная асимметрия, сложные сети // Время и рациональность (философский, теоретический и практический аспекты) /сб. научн. тр./под ред. В.С.Чуракова. (серия «Библиотека времени». Вып. 10) – Новочеркасск: Изд-во «НОК», 2013. – (С. 86 - 97).

25. Пенроуз Р. Путь к реальности или закон, управляющие Вселенной. Полный путеводитель. – М. – Ижевск: Институт компьютерных исследований, НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2007. – 912 с.

26. Терехин А.Т. с соавт. Функция Ляпунова как инструмент исследования когнитивных и регуляторных процессов организма// Компьютерные исследования и моделирование. 2009, т.1, №4 – (С. 449 -456).

27. Фокин В.Ф., Пономарева Н.В., Кротенкова М.В. с соавт. Факторы, определяющие динамические свойства, функциональной межполушарной асимметрии. Асимметрия, 2011; 5(1). – (С. 5-20). www.j-asymmetry.com.

28. Эпштейн М. Н. К философии возраста. Фрактальность жизни и периодическая таблица возрастов // Звезда, 2006. № 4. – С. 206.

29. [Abu-Ata M., Draga F. Metric tree-like structures in real-life networks: an empirical study](#) 14 февраля 2014. [arXiv:1402.3364v1](#).
30. Adams A., Balasubramanian K., McGreevy J. Hot Spacetimes for Cold Atoms, 2008. [arXiv:0807.1111](#).
31. Albert R., DasGupta B., Mobasher N., Topological implications of negative curvature for biological and social networks. 2014. [arXiv:1403.1228v1](#).
32. Barbour J. The End of Time: The Next Revolution in Physics / J. Barbour. – Oxford university press, 2000. – 381 p.
33. Bianconi G. «Quantum statistics in complex networks», Phys. Rev., 2002. E 66. – P. 056123.
34. Bianconi G. «Size of quantum networks», Phys. Rev., 2003. E 67. – P. 056119.
35. [Boix S. et al.](#) Quantum annealing with more than one hundred qubits, 2013. [arXiv:1304.4595v1](#).
36. Boguna M., Krioukov D., kc claffy, «Navigability of complex networks», Nature Physics, 2009. 5. – P. 74 – 80.
37. Crowley P. Quantum and Classical in Adiabatic Computation. 2014. [arxiv:1405.5185v1](#).
38. Gromov M. Metric Structures for Riemannian and Non-Riemannian Spaces. Birkhauser. Boston. 2007, – 581 p.
39. Gugelmann L. Random Hyperbolic Graphs: Degree Sequence and Clustering, 2012. [arXiv:1205.1470v1](#).
50. [Il'ichov L.V., “Quantum Unravelling of Perception by Active Consciousness”, NeuroQuantology, 2013. 11:1, 1. – P. 110-115.](#)
51. Jensen K., Karch A. Holographic Dual of an Einstein-Podolsky-Rosen Pair has a Wormhole, Phys. Rev. Lett., 2013. 111, – P. 211602
52. Kitsak M., Krioukov D. Hidden Variables in Bipartite Networks. Phys. Rev. E 84., 2011. – P. 026114.
53. Krioukov D., F. Papadopoulos, A. Vahdat et al., «Curvature and temperature of complex networks», Phys. Rev., 2009. E 80. – P. 035101(R).
54. Krioukov D., Papadopoulos F., Kitsak M., Vahdat A. and Boguna M. [Hyperbolic Geometry of Complex Networks](#). Phys Rev E 82., 2010. – P. 36106.
55. Krioukov D. et al. Network Cosmology, Nature Scientific Reports, 2012. v.2, – P. 793.
56. Krioukov D., Ostilli M. Duality between equilibrium and growing networks. Physical Review E., 2013. v. 88. – P. 022808.

57. [Lanting T. et al.](#) Entanglement in a quantum annealing processor, 2014. [arXiv:1401.3500v1](#).

58. Maldacena, Martelli, Tachikawa, Comments on string theory backgrounds with non-relativistic conformal symmetry, 2008. [arXiv:0807.1100](#).

59. Maldacena J., Susskind L. Cool horizons for entangled black holes, 2013. [arXiv:1306.0533v2](#).

60. Matsueda H. Embedding Quantum Information into Classical Spacetime: Perspective to Tsallis Statistics and AdS/CFT Correspondence, 2012. [arXiv:1208.5103v1](#).

61. Nozaki M., Ryu Sh., Takayanagi T. Holographic Geometry of Entanglement Renormalization in Quantum Field Theories, 2012. [arXiv:1208.3469v3](#)

62. Papadopoulos F., Psomas C., Krioukov D. Replaying the Geometric Growth of Complex Networks and Application to the AS Internet. ACM SIGMETRICS Performance Evaluation Review, 2012, v.40, n.3. – P.104-106.

63. Papadopoulos. F., Boguna M., Krioukov D., «Popularity versus similarity in growing networks», 2012. Nature, v. 489, – P. 537.

64. Paparo G. et al. Google in a Quantum Network, 2013. [arXiv: 1303.3891v1](#).

65. Polley L. Toy observer in unitary evolution: Histories, consciousness, and state reduction. 2014. [arXiv:1405.6508](#).

66. Raamsdonk M. Van. Building up spacetime with quantum entanglement. Gen. Rel. Grav., 2010. 42 – P. 2323.

67. [Shapere](#) A., [Wilczek](#) F., [Xiong](#) Z. Models of Topology Change, 2012. [arXiv:1210.3545v1](#).

68. Sonner J. Holographic Schwinger Effect and the Geometry of Entanglement. Phys. Rev. Lett., 2013. 111. – P. 211603.

69. Swingle B. Entanglement Renormalization and Holography, 2009. [arXiv:0905.1317v1](#).

70. Swingle B. Constructing holographic spacetimes using entanglement renormalization, 2012. [arXiv:1209.3304v1](#).

УДК 539.3

© ФЕДОРОВСКИЙ Г.Д., 2014
ОБОБЩЕННОЕ ВРЕМЯ
В МЕХАНИКЕ ДЕФОРМИРОВАНИЯ И РАЗРУШЕНИЯ*

Введение

Проблема времени является одним из основных и самых острых вопросов познания. Существует широкий контрастный спектр научных и иных представлений о времени в различных областях знаний и деятельности: физике, механике, химии, биологии, медицине, психологии, социологии, философии, культуре, литературе, истории, религии, эзотерике и т.д.[1-5 и многие др.]. Все накопленные научные и иные представления о времени, терминологии, способы определения и измерения времени могут быть полезными, или весьма ценными и продуктивными для многих аспектов изучения, создания и освоения объектов деятельности Человека. Так, например, по имени бога времени Хроноса из древнегреческой религии отдельные различные области научных и практических знаний и предметов приобрели названия: хронобиология, хрономедицина, хронопсихология; хронометр, изохрона процесса, эндохронная концепция собственного, внутреннего времени в механике и др. По этой терминологии рассмотренному в данной работе направлению можно было бы дать название «Хрономеханика деформирования и разрушения».

В области механики деформируемых сред и тел для феноменологического моделирования определяющих свойств деформирования, структурных переходов и разрушения (повреждаемости и прочности), адекватного реальному поведению, в последние десятилетия разрабатывается новый «эндохронный» [6] подход, базирующийся на применении обобщенного (собственного, внутреннего, приведенного, трансформированного, редуцированного, модифицированного, эффективного, адаптивного и т.п.) времени [6 – 17].

Этот новый подход весьма актуален и уже имеет высокоэффективное применение для решения самых сложных фундаментальных и прикладных проблем и задач механики объектов Космоса, геоме-

* Работа выполнена при частичной поддержке грантов РФФИ: 13-01-00598 и 14-01-00823, а также гранта Правительства РФ по постановлению 220; договору 14.В25.31.0017.

ханики Земли, биомеханики, создаваемой ответственной уникальной и бытовой техники, изделий. Подход необходим для оптимального проектирования изделий и материалов, разработки оптимальной технологии изготовления; а также для оценки работоспособности и ресурса. Особенно ценно то, что только данный подход позволяет осуществлять прогнозирование механического поведения объектов на весьма длительные (10^{10} с и значительно большие) и короткие времена по данным специальных экспресс-испытаний материала объекта в весьма умеренном экспериментальном «окне» времени [8 – 10, 12]. Ведь такие изделия как здания-небоскребы, мосты, корабли, самолеты, ракеты должны быть спроектированы с ресурсом эксплуатации на десятки и сотни лет, поэтому заблаговременное испытание материала этих изделий не может быть выполнено с такой длительностью. Поэтому нужны специальные экспресс испытания, по результатам которых по эндохронной теории прогнозируется длительное его поведение.

Введение обобщенного времени основано на физико-, химико-, механо-временных соответствиях (аналогиях) [8 - 10, 12] времени процесса и величины воздействия, проявляемых в различных реальных условиях и экспериментах. Таких, как температурно-, влаго-, радиационно-, структурно-, напряженно-, деформационно-временные и другие соответствия. Эти закономерности основаны на том, что при изменении уровня воздействия, изменении структуры среды происходит изменение скорости механического процесса, и, таким образом, - времени реализации этого процесса. Процессы немонотонного деформирования, структурных изменений и накопления повреждений [7, 9, 11 - 14], а также моделирование явлений динамической [15], в том числе откольной повреждаемости [13], представляют наибольшую трудность для описания, однако использование обобщенного времени позволяет описывать наиболее нетривиальные процессы. На стадии становления находится применение эндохронного подхода к макроскопическому моделированию определяющих свойств современных новых наноматериалов. По-видимому, одной из первых работ в этой области является публикация [17].

В настоящей работе кратко рассмотрены основные направления и некоторые результаты физико-математического моделирования линейных и нелинейных процессов деформирования, физических (структурных, фазовых) переходов, долговечности и разруше-

ния, с использованием обобщенного времени. Анализируются возможности «вертикального» и «горизонтального» масштабирования определяющих функций (преобразования величины функции и ее аргумента – времени); с использованием «простых» и «сложных» масштабов - функций, а также масштабов «функционального вида», учитывающего наследственную «память» среды. Делаются выводы о том, что применение обобщенного времени и масштабирования дает возможность адекватно и эффективно описывать и прогнозировать «мгновенные» и очень длительные механические процессы, как и структурные переходы в различных средах при различных воздействиях. Позволяет единообразно и относительно несложно обобщить другие известные теории нелинейной упруговязкопластичности, структурных переходов, прочности и разрушения, основанные на иных принципах, ясно и непротиворечиво классифицировать различные теории по конструкции масштабов. Результаты рассмотрений позволяют сделать вывод, что масштабы являются физическими параметрами структуры, отражающими ее изменения при воздействиях.

1. Определяющие соотношения упруговязкопластичности

Обобщенное время ξ механического состояния среды в случае воздействия на нее каких-либо механических, физических и химических полей с параметрами m_i (механическими), T_k (физическими и химическими); $i=1, 2, \dots$; $k=1, 2, \dots$; может быть выражено через лабораторное t путем «горизонтального» масштабирования последнего: умножения на «горизонтальный» масштаб $g^h = g$ [12]:

$$\xi = g(t, m_1, m_2, \dots, T_1, T_2, \dots) \cdot t. \quad (1)$$

Здесь представлен «сложный» масштаб-функция g , зависящий от времени t и других параметров. В «простом» случае, он может иметь форму произведения масштабов отдельных полей: $g(m_1, m_2, \dots, T_1, T_2, \dots) = g^{m_1}(m_1) \cdot g^{m_2}(m_2) \cdot \dots \cdot g^{T_1}(T_1) \cdot g^{T_2}(T_2) \cdot \dots$, и не зависит от t . При немонотонном воздействии приращение обобщенного времени имеет вид $d\xi = \bar{G}_\sim(t, m_1, m_2, \dots, T_1, T_2, \dots) dt$, где \bar{G}_\sim - функционал (наследственный интегральный оператор, учитывающий «память» среды на предысторию воздействий).

Построены определяющие соотношения сред при сложном напряженно-деформированном состоянии, с применением обобщенного времени для девиаторной и шаровой частей механических тензоров в случае изотропной среды и анизотропного обобщенного времени – для анизотропной среды [12].

Рассмотрим поведение сред при одноосном растяжении-сжатии при отсутствии других воздействий. При немонотонном нагружении связь деформации ε с напряжением σ (нелинейной ползучести-пластичности) имеет вид квазилинейного интегрального соотношения:

$$\varepsilon(t) = \bar{P}^\xi \sigma = \int_{0^-}^t P(\xi^\sigma - \zeta) \dot{\sigma}(\tau) d\tau. (2)$$

«Обратное» ему, уравнение релаксации имеет аналогичную форму. Примем $\xi^\sigma = \xi^\varepsilon = \xi$, тогда функции ползучести P и релаксации R , как и масштабы могут быть вычислены одни по другим – по линейным и нелинейному уравнениям

$$\bar{P}R = \bar{R}P = \int_{0^-}^t P(\xi - \zeta) \dot{R}(\zeta) d\zeta = \int_{0^-}^t R(\xi - \zeta) \dot{P}(\zeta) d\zeta = 1 \text{ и } \xi = \xi^\sigma = \xi^\varepsilon. (3)$$

Эксперименты показали, что уже при умеренных деформациях многие среды обладают «сложным» масштабом времени $g^\sigma(t, \sigma)$ в режиме нагружения $\sigma(t) = H(t)\sigma^0$ ($H(t)$ - единичная функция Хевисайда, $\sigma^0 = const$). В случае немонотонного процесса $\sigma(t)$ аргумент в соотношении (2) является функционалом. Для сред, к которым применим принцип сложения Больцмана-Вольтерра-Персо [9] нами получен [12] аргумент вида

$$\xi^\sigma - \zeta = \bar{G}_{\tau,t}^\sigma = \int_{\tau^+}^t G^\sigma[t - \rho, \sigma(\rho)] d\rho = \int_{\tau^+}^t \left\{ g^\sigma[t - \rho, \sigma(\rho)] - \frac{\partial g^\sigma[t - \rho, \sigma(\rho)]}{\partial \rho} \rho \right\} d\rho. (4)$$

$g^\sigma(t, \sigma) = 1$, когда $\sigma \leq \sigma_l$ (σ_l - граница линейной ползучести). При $\sigma(t) = const$ $\xi^\sigma - \zeta = g^\sigma(t - \tau, \sigma)(t - \tau)$, $\xi^\sigma(t) = g^\sigma(t, \sigma) \cdot t$. Для описания ускоренного или замедленного отклика (упрочнения или разупрочнения) также введен построенный по иерархическому принципу масштаб-функционал \bar{G}_-^σ , представляющий собой произведение сложного масштаб-функции $G^\sigma(t, \sigma)$ и масштаб-функционала $\bar{g}_-^\sigma(\dot{\sigma})$, - корректирующего G^σ :

$$\bar{G}_-^\sigma(t, \sigma, \dot{\sigma}) = G^\sigma(t, \sigma) \cdot \bar{g}_-^\sigma(\dot{\sigma}), \bar{g}_-^\sigma(\dot{\sigma}) = 1 + \int_0^{\dot{\sigma}} q^\sigma(\lambda) \dot{\sigma}(\lambda) d\lambda; q^\sigma(0) = 0. (5)$$

В [12] рассмотрен и нелинейный вариант масштаба \bar{g}^σ . Таким образом, обобщенное время и масштаб-функционал обладают «памятью», т.к. учитывают предысторию воздействий на среду.

Были получены и экспериментально проверены эндохронные модификации нелинейных уравнений вязкоупругости Больцмана-Персо[12], уравнений нелинейной ползучести Работнова, технических теорий ползучести, из соотношений Москвитина [14 и др.]. Сравнение модификаций показало различие вида и степени «сложности» полученных масштабов отмеченных теорий.

Дополнительную возможность эффективного учета нелинейных свойств отдельных сред предоставляет введение «вертикального» масштаба g^v [6, 8, 16], на который умножается функции ползучести P в (2): $g^{v\sigma}(\sigma) \cdot P(\xi^\sigma)$, или - функция релаксации: $g^{v\varepsilon}(\varepsilon) \cdot R(\xi^\varepsilon)$. Это дает возможность «подправить» и сделать нелинейным мгновенный модуль, откорректировать функцию вязкопластичности и упростить вид определяющих функций.

1.1. Примеры определяющих функций в случае использования «горизонтальных» масштабов

По данным наших экспериментов на рис. изображены определяющие функции полимерных материалов: частично-кристаллического фторопласта-4МБ (сплошная линия), с меньшей степенью кристалличности, чем у Ф-4МБ, термопластичного фторопласта-10 (пунктир), и терморезистивного, сшитого сетчатого строения отвержденного эпоксидного компаунда ЭД-6[9] (штрихпунктир). Для первых двух материалов экспериментальное «окно» времени испытания составляло 16 минут, а для третьего – 2 часа (применение эндохронной методики позволило получить обобщенные кривые податливостей P этих материалов соответственно до 10^{21} , 10^{26} и $10^{13,5}$ мин (см. д на рис.1)). Параметры нормирования величин обозначены на рисунке с индексом «звездочка» ($P_* = 1 \text{ МПа}^{-1}$). На а приведена тепловая деформация $\varepsilon^T(T)$ при нагревании и охлаждении (отожженного материала); а на б тепловые деформации всех отоженных полимеров; на в и г масштабы по температуре и напряжению: $g^T(T)$ и $g^\sigma(\xi^T, \sigma)$; на д обобщенные податливости P и границы линейной податливости σ_l .

Масштаб по температуре $g^T(T)$ является «простым», а масштаб по напряжению $g^\sigma(\xi^T, \sigma)$ «сложным».

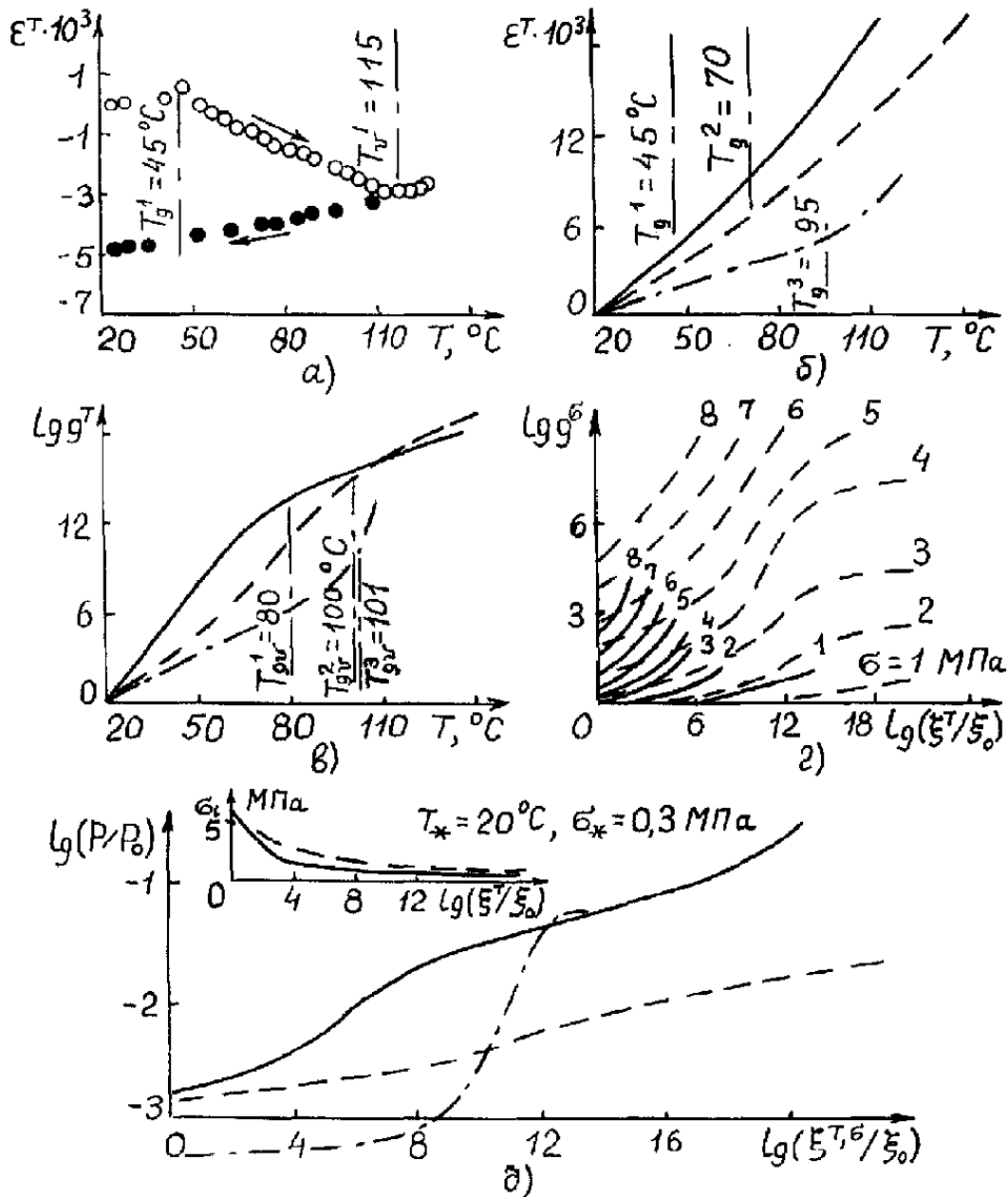


Рис.1 Определяющие функции Ф-10 (сплошная линия), Ф-4МБ (пунктир) и ЭД-6 (штрих-пунктир).

На д заметно, что структурные (физические, фазовые, релаксационные) переходы термовязкоупругих свойств частично-кристаллических Ф-10 и Ф-4МБ, а также сетчатого, сшитого эпоксидного компаунда ЭД-6 различны и соответствуют значениям логарифма обобщенного времени $\xi_s^{T,\sigma}$ 5, 9 и 7 при $\xi_0 = 1$ мин. Наиболее тугоплавкий, с большей степенью кристалличности, Ф-4МБ имеет особенно размытый переход, т.к. он более гетерогенен, чем другие

полимеры, имея более различающуюся гамму кристаллических и аморфных областей. «Сетчатый» ЭД-6 проявляет интенсивный, «классический» переход из стеклообразного в высокоэластическое состояние. Это соответствует температуре T_g в (а) - (в) (T_g температура стеклования, T_v температура высокоэластического перехода).

Для всех материалов на зависимостях $\lg g^T - T$, приблизительно при средних температурах $T_{gv} = (T_g + T_v)/2$, наблюдаются переломы зависимостей $\lg g^T$. На кривых $\varepsilon^T(T)$ отожженных материалов имеются переломы при T_g .

Следует отметить, что сопоставление податливостей P и тепловых деформаций ε^T отожженных полимеров при $T < T_g$ (в области стеклообразного состояния) (см. на рисунках) качественно подтверждает известную теорию Айнбиндера-Тюниной-Баркера, согласно которой материал с меньшей жесткостью (большей податливостью) обладает большим коэффициентом тепловой деформации. У материалов близкого строения, например, частично-кристаллических Ф-4МБ и Ф-10 и сетчатого ЭД-6 эта гипотеза выполняется и при $T > T_v$.

При $T < T_g$ податливости P и масштаб g^T связаны аналогичной зависимостью: g^T выше у сред с большими податливостями. В случае $T > T_v$ рост параметра падает по температуре. Величина задержки возрастания g^T увеличивается с увеличением податливости (следует отметить аномальное по отношению к сказанному поведение g^T полимера ЭД-6 [2], резко увеличивающегося при $T > T_g$; представляется, что в этой области вид параметра g^T (ЭД-6 неверен). Величина задержки возрастания g^T увеличивается с увеличением степени кристалличности частично-кристаллических полимеров. С уменьшением степени кристалличности увеличивается область перехода (T_g, T_v).

Отметим, что к описанию физических (фазовых) переходов известные классические формулы («законы») для $a^T(T) = 1/g^T$ Аррениуса, Вильямса-Ланделла-Ферри, дробно-линейные ВЛФ и другие мало пригодны, поскольку их математический вид не позволяет адекватно описать весьма заметные переходы (см. на рисунках графики $\lg g^T(T)$). Самое простое математическое представление функции $\lg g^T(T)$ в первом приближении – в виде двух прямых,

имеющих перелом при $T = T_{gv}$. При необходимости более точного описания – двух прямых при $T < T_g$ и $T > T_v$, и некоторой нелинейной функцией в промежуточной области. S -образный вид других функций математически наиболее просто может быть представлен выражением содержащим арктангенс.

Обращает на себя внимание значительное различие «сложных» масштабов g^σ , характеризующих нелинейные свойства сред, обусловленных их строением. У частично-кристаллического материала с меньшей степенью кристалличности g^σ преимущественно меньше, как и ниже граница σ_l линейной ползучести. Полимер с меньшей податливостью имеет более высокую границу σ_l линейной вязкоупругости.

1.1. Примеры определяющих функций при использовании «вертикального» и «горизонтального» масштабов

В [16] приведены данные 4-летних испытаний и результаты «эндохронного» моделирования с вертикальным и горизонтальным масштабированием нелинейной ползучести и длительной прочности свинца. Получены аналитические модели определяющих функций.

Можно представить полную деформацию как сумму упругой деформации и неупругой (деформации ползучести): $\varepsilon = \varepsilon_y + \varepsilon_n$, где $\varepsilon_y = P_0(\sigma)P_t(0)\sigma = P_0(\sigma)\sigma$ – упругая составляющая, а $\varepsilon_n = P_0(\sigma)[P_t(\xi) - P_t(0)]\sigma = P_0(\sigma)[P_t(\xi) - 1]\sigma$ – неупругая. Установлено, что в области линейной ползучести $P_t(\xi) = \exp(c\xi) = P_t(t) = \exp(ct)$. Поскольку эта область соответствует малым напряжениям, то в ней допустимо ограничиться мгновенной линейной упругостью и принять $P_0(\sigma)P_t(0) = const = P_0^l = \exp(ab) = 1.63 \cdot 10^{-3} (\text{МПа}^{-1})$; $E_0^l = 613 \text{ МПа}$. Таким образом $\varepsilon(t, \sigma) = P(t)\sigma = P_0^l \cdot P_t(t)\sigma$. При использовании «вертикального» и «горизонтального» масштабов (1) может быть также записано: $\varepsilon(t, \sigma) = g^v(\sigma) \cdot P_t(\xi^h) \cdot \sigma = g^v(\sigma) \cdot P_t[g^h(\sigma) \cdot t] \cdot \sigma$, где $g^v(\sigma) = P_0(\sigma)$, $\xi^h = \xi$, $g^h(\sigma) = g(\sigma)$ – соответствующие масштабы.

Следовательно, основными определяющими параметрами деформирования свинца является квазилинейная временная составляющая $P_t(\xi^h)$ податливости уравнений в пространстве обобщенно-

го времени ξ^h с «простым», зависящим лишь от напряжения σ , «горизонтальным» масштабом времени $g^h(\sigma) = g(\sigma) = d^{\sigma-1}$, а также множитель к $P_t(\xi^h)$ - $g^v(\sigma) = P_0(\sigma)$ безразмерный «вертикальный» масштаб дополнительно корректирующий функцию $P_t(\xi^h)$, который, кроме того, однозначно описывает мгновенную нелинейную упругость.

2. Критерии длительной прочности и структурной устойчивости

По данным экспериментов для ряда материалов, например алюминия и полиметилметакрилата, нами установлен эндохронный критерий прочности при растяжении конечного вида [14]:

$$\xi^\sigma(t) \leq \xi_c^\sigma = const, (6)$$

базирующийся на «сложной» напряженно-временной аналогии (1). Такого рода критерий эффективен и для оценки характерных зон переходов на кривых длительной прочности и предела текучести, например, для выделения области перехода из динамического режима в статический, как и при переходе среды из одних в другие структурные состояния на кривых податливости (см. рис.). Его вид можно представить выражением:

$$\xi^\sigma(t) \leq \xi_{m_i}^\sigma = const; m_1 = d, m_2 = p \text{ и т.д.} (7)$$

Построен единый эндохронный критерий длительной прочности при воздействии напряжения и температуры постоянной величины. Критерий базируется на следующей связи обобщенного времени с лабораторным:

$$\xi_c^{\sigma,T}(t|_{\sigma_0,T_0}, \sigma, T) = g^{\sigma,T}(\sigma, T) \cdot t|_{\sigma_0,T_0}. (8)$$

Здесь $t|_{\sigma_0,T_0}$ - величина длительной прочности при некоторых произвольно выбранных значениях напряжения σ_0 , и температуры T_0 , а $g^{\sigma,T}$ - масштаб (мера) времени $t|_{\sigma_0,T_0}$, являющийся коэффициентом подобия, функцией двух величин - напряжения σ и температуры T , - времени $t|_{\sigma_0,T_0}$, нормированный по значениям σ_0 и T_0 . При напряжении σ и температуре T обобщенное время $\xi_c^{\sigma,T}$ совпадает с временем t_c . Получены аналитические выражения масштабов времени для хрупких, вязких и смешанного вида сред, время разрушения которых описывается различными теориями Гуля, Журко-

ва, Регеля, Слуцкера, Томашевского, Трунина[10] и других исследователей.

При переменных процессах воздействий на среду ее длительная прочность может быть вычислена по линейному или нелинейному закону накопления повреждений, в том числе, с использованием обобщенного времени:

$$\omega(t) = \int_0^{\zeta} \frac{d\zeta}{g_c^{\sigma,T}(\sigma, T)} = \frac{1}{t_{\sigma_0, T_0}} \int_0^t \frac{d\rho}{g_c^{\sigma,T}[\sigma(\rho), T(\rho)]} \leq 1. \quad (9)$$

Для построения нелинейных схем накопления повреждений в уравнении (9) следует ввести разностное ядро, либо заменить в нем «простой», зависящий лишь от σ и T , масштаб времени $g_c^{\sigma,T}(\sigma, T)$ на «сложный» $g_c^{\sigma,T}(\rho, \sigma, T)$, и, даже, «функциональный» (с «памятью» на немонотонные воздействия) $\bar{G}_c^{\sigma,T}(\rho, \sigma, \dot{\sigma}, T, \dot{T})$.

Литература

1. Фок В.А. Теория пространства, времени и гравитации. Изд. 2-е, дополненное. М.: Госизд. физико-математич. литерат., 1961. – 563 с.
2. Хасанов А.И.. Время: природа, равномерность, измерение. – М.: Прогресс-Традиции, 2001. – 304 с.
3. Уитроу Дж. Естественная философия времени: Пер. с англ. Изд. 2-е стереотипн. – М.: Едиториал УРРС, 2003. – 400 с.
4. Web-Институт исследований природы времени; Левич А.П. Семинар «Темпорология» ://www.chronos.msu.ru/ru/
5. Чураков В.С. Библиотека времени. (2005-2013). [http://sfedu.ru/www/rsu_publications\\$.startup?p_per_id=9842](http://sfedu.ru/www/rsu_publications$.startup?p_per_id=9842)
6. Valanis K. C. Propertensorial formulation of the internal variable theory. The endochronic time spectrum. // Arch. Mech. 1977. V. 29,1. (P.173-185).
7. Shapery R.A. On the characterisation of nonlinear viscoelastic materials//Polym. Eng. aSci. - 1969. – V. 9, № 4. (P. 295-310).
8. Уржумцев Ю.С., Максимов Р.Д. Прогностика деформативности полимерных материалов. Рига: Зинатне. 1975. 416 с.
9. Бугаков И.И. Исследование нелинейной ползучести и фотоползучести полимерных материалов: Автореф. Докт. дисс. Л., 1983. – 28 с.

10. Гольдман А.Я. Прогнозирование деформационно-прочностных свойств полимерных и композитных материалов. Л.: Химия, 1988. – 272 с.

11. Вакуленко А.А. Термодинамическое время в механике деформированных сред: Докт. дисс. В форме научн. докл. 1989. – 42 с.

12. Федоровский Г.Д. Определяющие уравнения реологически сложных полимерных сред // Вестн. Ленингр ун-та. Математика, механика, астрономия. – 1990. № 15, вып. 3. – (С. 87-91).

13. Федоровский Г.Д. Эндохронные критерии прочности, текучести и фазовой устойчивости. Проблемы механики деформируемого твердого тела: Межвуз. сб. / Санкт-Петербургский государственный университет. – Санкт-Петербург: СПбГУ, 2002. – (С. 291-298).

14. Федоровский Г.Д. Эндохронные модели длительной прочности, структурных переходов и повреждаемости сплошных сред // Механика деформируемого твердого тела: Вестн. Нижегородс. ун-та. 2011. № 4 (4). – (С. 1822-1824).

15. Федоровский Г.Д. О теориях динамической прочности. Эндохронная концепция. // Морские интеллектуальные технологии. 2011. Спецвып. № 3. – (С. 80-83).

16. Федоровский Г.Д. Об эндохронном подходе при макроскопическом моделировании длительной вязкоупругопластичности и прочности свинца // Вестн. Тамб. ун-та. Сер.: Естеств. и технич. Том 18, вып. 4. 2013. – (С. 1774-1775).

17. Федоровский Г.Д.. Математические модели зависимости деформативных, прочностных и временных свойств полимерного композита от содержания наполнителя фуллерена C_{60} . // Вестник ИНЖЕКОНА. 2013. Сер. «Технические науки». Вып. 8(67). – (С. 23-26).

РАЗДЕЛ II.
ФИЛОСОФИЯ

УДК 115

© АНИСОВ А.М., 2014
ПРОБЛЕМА ВРЕМЕНИ И АПОРИИ ЗЕНОНА

**1. Апории «Ахилл и черепаха», «Дихотомия»,
«Стадий», «Летящая стрела»**

Речь пойдёт не обо всех апориях Зенона Элейского, а только о тех из них, которые опровергают возможность движения. Механическое движение тел происходит в пространстве и времени. Однако, как будет показано, апории Зенона о движении не связаны с особенностями пространства. Пространство может быть любым: дискретным множеством мест, плотным множеством точек (когда между любыми двумя точками есть промежуточная точка), или непрерывным множеством – континуумом (как в классической физике и теории относительности). Проблема не в пространстве, а во времени, которое в представлении Зенона должно представлять из себя *пошаговый процесс*.

Вообще, существует, по меньшей мере, четыре типа методологий разбора апорий: 1. Историко-философский; 2. Диалектический; 3. Уточняющий; 4. Проблемный. Нашей целью будет не историко-философская реконструкция зеноновских аргументов¹, а стремление понять с точки зрения современной науки, на какие реальные трудности в анализе движения указал Зенон Элейский. Именно указал, поскольку о попытке приписать непосредственно Зенону современную постановку проблем движения не может быть и речи. Здесь не помогут восходящие к Гегелю бесплодные попытки снять эти трудности путём диалектических манипуляций². Нередко ответственность за парадоксы движения возлагается на неточность и размытость используемых понятий³. Уточним понятия – парадоксы исчезнут. Мы с этим не согласны. Апории Зенона касаются самих основ человеческого миропонимания. Они требуют не просто уточнения понятий, а выбора философской платформы объяснения реальности. Поскольку дело построения таких платформ не может быть завершено, пока существует мыслящий разум, на выборе одной из них лежит печать неизбежной исторической ограниченно-

¹ Такая реконструкция дана в кн.: Комарова В.Я. Учение Зенона Элейского. Л., 1988.

² Манеев А.К. Философский анализ зеноновских апорий. Минск, 1972.

³ См., напр.: Войшвилло Е.К. Еще раз о парадоксе движения, о диалектических и формально-логических противоречиях // «Философские науки», 1964, №4.

сти. Сказанное, разумеется, в полной мере относится и к построениям в данной статье. Но сегодня, несомненно, мы понимаем и знаем больше, чем два с половиной тысячелетия назад, а завтра, возможно, удастся продвинуться вперед еще дальше.

Начнем рассмотрение зеноновских затруднений с апорий о движении. *Ахилл и черепаха*. Ахилл – герой и, как бы мы сейчас сказали, выдающийся спортсмен. Черепаха, как известно, одно из самых медлительных животных. Тем не менее, Зенон утверждал, что Ахилл проиграет черепахе состязание в беге. Примем следующие условия. Пусть Ахилла отделяет от финиша расстояние 1, а черепаху – расстояние $1/2$. Двигаться Ахилл и черепаха начинают одновременно. Пусть для определенности Ахилл бежит в 2 раза быстрее черепахи. Тогда, пробежав расстояние $1/2$, Ахилл обнаружит, что черепаха успела за то же время преодолеть отрезок $1/4$ и по-прежнему находится впереди героя. Далее картина повторяется: пробежав четвертую часть пути, Ахилл увидит черепаху на одной восьмой части пути впереди себя и т.д. Следовательно, всякий раз, когда Ахилл преодолевает отделяющее его от черепахи расстояние, последняя успевает уползти от него и по-прежнему остается впереди. Таким образом, Ахилл никогда не догонит черепаху. Начав движение, Ахилл никогда не сможет его завершить.

Знающие математический анализ обычно указывают, что ряд $\sum_{n=1}^{\infty} 1/2^n$ сходится к 1. Поэтому, дескать, Ахилл преодолеет весь путь за конечный промежуток времени и, безусловно, обгонит черепаху. Но вот что пишут по данному поводу Д.Гильберт и П.Бернайс.

“Обычно этот парадокс пытаются обойти рассуждением о том, что сумма бесконечного числа этих временных интервалов все-таки сходится и, таким образом, дает конечный промежуток времени. Однако это рассуждение абсолютно не затрагивает один существенно парадоксальный момент, а именно парадокс, заключающийся в том, что некая бесконечная последовательность следующих друг за другом событий, последовательность, завершаемость которой мы не можем себе даже представить (не только фактически, но хотя бы в принципе), на самом деле все-таки должна завершиться”⁴.

⁴ Гильберт Д., Бернайс П. Основания математики. Логические исчисления и формализация арифметики. М., 1979. С. 40.

Принципиальная незавершаемость данной последовательности заключается в том, что в ней *отсутствует последний элемент*. Всякий раз, указав очередной член последовательности, мы можем указать и следующий за ним. Интересное замечание, также указывающее на парадоксальность ситуации, встречаем у Г.Вейля.

“Представим себе вычислительную машину, которая выполняла бы первую операцию за $1/2$ минуты, вторую - за $1/4$ минуты, третью - за $1/8$ минуты и т.д. Такая машина могла бы к концу первой минуты “пересчитать” весь натуральный ряд (написать, например, счетное число единиц). Ясно, что работа над конструкцией такой машины обречена на неудачу. Так почему же тогда тело, вышедшее из точки A , достигает конца отрезка B , “отсчитав” счетное множество точек $A_1, A_2, \dots, A_n, \dots$?”⁵.

Древние греки тем более не могли себе представить завершенную бесконечную совокупность. Поэтому вывод Зенона о том, что движение из-за необходимости “пересчитать” бесконечное число точек не может закончиться, еще тогда произвел большое впечатление. На схожих аргументах основывается апория о невозможности начать движение.

Дихотомия. Рассуждение очень простое. Для того, чтобы пройти весь путь, движущееся тело сначала должно пройти половину пути, но чтобы преодолеть эту половину, надо пройти половину половины и т.д., до бесконечности. Иными словами, при тех же условиях, что и в предыдущем случае, мы будем иметь дело с перевернутым рядом точек $\dots(1/2)^n, \dots, (1/2)^3, (1/2)^2, (1/2)^1$. Если в случае атории Ахилл и черепаха соответствующий ряд не имел последней точки, то в Дихотомии этот ряд не имеет *первой* точки. Следовательно, заключает Зенон, движение не может начаться. А поскольку движение не только не может закончиться, но и не может начаться, движения нет. Существует легенда, о которой вспоминает А.С.Пушкин в стихотворении “Движенье”.

Движенья нет, сказал мудрец брадатый.
Другой смолчал и стал пред ним ходить.
Сильнее бы не мог он возразить;
Хвалили все ответ замысловатый.
Но, господа, забавный случай сей

⁵ Цит. по: Даан-Дальмедико А., Пейффер Ж. Пути и лабиринты. Очерки по истории математики. М., 1986. С.237.

Другой пример на память мне приводит:
 Ведь каждый день пред нами солнце ходит,
 Однако ж прав упрямый Галилей.

Действительно, согласно легенде один из философов так и “возразил” Зенону. Зенон велел бить его палками: ведь он не соби-рался отрицать чувственное восприятие движения. Он говорил о его *немыслимости*, о том, что строгое размышление о движении приводит к неразрешимым противоречиям. Поэтому, если мы хотим избавиться от апорий в надежде, что это вообще возможно (а Зенон как раз считал, что невозможно), то мы должно прибегать к теоретическим аргументам, а не ссылаться на чувственную очевидность. Рассмотрим одно любопытное теоретическое возражение, которое было выдвинуто против апории Ахилл и черепаха.

“Представим себе, что по дороге в одном направлении движутся быстроногий Ахилл и две черепахи, из которых Черепаха-1 несколько ближе к Ахиллу, чем Черепаха-2. Чтобы показать, что Ахилл не сможет перегнать Черепаху-1, рассуждаем следующим образом. За то время, как Ахилл пробежит разделяющее их вначале расстояние, Черепаха-1 успеет уползти несколько вперед; пока Ахилл будет пробегать этот новый отрезок, она опять-таки продвинется дальше, и такое положение будет бесконечно повторяться. Ахилл будет все ближе и ближе приближаться к Черепахе-1, но никогда не сможет ее перегнать. Такой вывод, конечно же, противоречит нашему опыту, но логического противоречия у нас пока нет.

Пусть, однако, Ахилл примется догонять более дальнюю Черепаху-2, не обращая никакого внимания на ближнюю. Тот же способ рассуждения позволяет утверждать, что Ахилл сумеет вплотную приблизиться к Черепахе-2, но это означает, что он перегонит Черепаху-1. Теперь мы приходим уже к логическому противоречию”⁶.

Здесь трудно что-либо возразить, если оставаться в плену образных представлений. Необходимо выявить формальную суть дела, что позволит перевести дискуссию в русло строгих рассуждений. Как нам кажется, первая апория сводится к следующим трем утверждениям:

⁶ Сидоренко Е.А. Логические выводы, доказательства и теория дедукции. //Логика научного познания. М., 1987. С.92. Недавно автор вновь подтвердил свою позицию. См.: Сидоренко Е.А. О парадоксах и о том, как Ахиллу догнать черепаху //«Философские исследования». № 3. М., 1999.

1. Каков бы ни был отрезок $[A, B]$, движущееся от A к B тело должно побывать во всех точках отрезка $[A, B]$;

2. Любой отрезок $[A, B]$ можно представить в виде бесконечной последовательности убывающих по длине отрезков $[A, a_1]$, $[a_1, a_2]$, $[a_2, a_3]$, ..., $[a_n, a_{n+1}]$,

3. Поскольку бесконечная последовательность a_i ($1 \leq i < \omega$) не имеет последней точки, невозможно завершить движение, побывав в каждой из точек этой последовательности.

Проиллюстрировать полученный вывод можно по-разному. Наиболее известная иллюстрация – «самое быстрое никогда не сможет догнать самое медленное» – была рассмотрена выше. Но можно предложить более радикальную картину, в которой обливающийся потом Ахилл (вышедший из пункта A) безуспешно пытается настичь черепаху, преспокойно греющуюся на Солнце (в пункте B) и даже не думающую убежать. Суть апории от этого не а

Таким образом, апория “Ахилл” основывается на тезисе о невозможности завершить движение из-за необходимости посетить последовательно каждую из точек бесконечного ряда, упорядоченного по типу ω (т.е. по типу порядка на натуральных числах), который не имеет последнего элемента. В свою очередь, “Дихотомия” утверждает невозможность начала движения из-за наличия бесконечного ряда точек, упорядоченных по типу ω^* (так упорядочены целые отрицательные числа), который не имеет первого элемента⁷.

Но почему возникают порождающие парадоксы порядковые типы ω и ω^* ? Это происходит из-за допущения *непрерывности* пространства и времени в смысле их *бесконечной делимости*. Такое понимание непрерывности отличается от современного⁸, но имело место в древности. Без допущения тезиса о том, что любой пространственный или временной интервал можно разделить на меньшие по длине интервалы, обе апории рушатся. Зенон прекрасно это понимал. Поэтому он приводит аргумент, исходящий из принятия допущения о *дискретности* пространства и времени, т.е. допущения о существовании элементарных, далее неделимых, длин и времен.

Стадий. Итак, допустим существование неделимых отрезков пространства и интервалов времени. Рассмотрим следующую схе-

⁷ Подробнее о порядковых типах см.: Куратовский К., Мостовский А. Теория множеств. М., 1970.

⁸ Ныне оно называется не непрерывностью, а *плотностью*.

му, на которой каждая клетка таблицы представляет неделимый блок пространства. Имеется три ряда объектов А, В и С, занимающих по три блока пространства, причем первый ряд остается неподвижным, а ряды В и С начинают *одновременное* движение в направлении, указанном стрелками \Rightarrow и \Leftarrow .

	A1	A2	A3	
B3	B2	B1		\Rightarrow
\Leftarrow		C1	C2	C3

(0) Начальное положение

	A1	A2	A3	
	B3	B2	B1	
	C1	C2	C3	

(1) Конечное положение

Ряд С, утверждает Зенон, за неделимый момент времени прошел одно неделимое место неподвижного ряда А (место А1). Однако за то же самое время ряд С прошел два места ряда В (блоки В2 и В3). Согласно Зенону, это противоречиво, т.к. должен был встретиться момент прохождения блока В2, изображенный на следующей схеме.

	B3	B2	B1		\Rightarrow
\Leftarrow		C1	C2	C3	

(0/1) Промежуточное положение

Но где в это промежуточное положение находился ряд А? Для него просто не остается соответствующего места. Остается либо признать, что движенья нет, либо согласиться с тем, что ряд А делим не на три, а на большее количество мест. Но в последнем случае мы вновь возвращаемся к допущению о бесконечной делимости пространства и времени, снова попадая в тупик апорий Дихотомия и Ахилл. При любом исходе движение оказывается невозможным. Известный английский физик-космолог и философ Дж. Уитроу следующим образом прокомментировал сложившуюся ситуацию.

Апория Стадий, “несмотря на все ее остроумие, решается довольно просто, т.к., если пространство и время состоят из дискретных единиц, в этом случае относительные движения должны быть таковы, что (переходы типа (0) \rightarrow (1) – А.А.) ... могут случаться в последующие моменты. Отрицание Зенонем этой возможности основывается не на логическом законе, а просто на ошибочной апелляции к “здравому смыслу”..., т.к. в действительности он молчаливо

предполагает постулат непрерывности, который несовместим с гипотезой, принятой в начале рассуждения. Как это ни странно, но если мы примем такие гипотезы, то движение будет представлять собой прерывную последовательность различных конфигураций, как в кинофильме, и ни в какой момент времени не будут существовать промежуточные конфигурации. Переход электрона с одной орбиты на другую рассматривается в элементарной теории атома Бора именно как переход такого типа”⁹.

Мы считаем, что сказанное Уитроу верно. Промежуточное положение (0/1) с логической точки зрения вовсе не обязано наличествовать в какой-то момент времени, поскольку предположение о его отсутствии непротиворечиво. Другой вопрос, что наши привычные представления о движении, опирающиеся на интуицию непрерывности, оказываются неадекватными в дискретном случае. В этом отличие дискретной ситуации от ситуации с бесконечной делимостью пространственных и временных интервалов. Утверждение, что ряд $1/2^1, 1/2^2, 1/2^3, \dots, 1/2^n, \dots$ завершится, *логически противоречиво*, если n не ограничено. Аналогичным образом, необычная вычислительная машина Германа Вейля никогда не сможет завершить вычисления в какой-то момент времени из-за неограниченного числа шагов процесса пересчета множества натуральных чисел. Можно, используя понятие предела, просуммировать упомянутый ряд и получить единицу, или, вводя трансфинитные числа, допустить выполнение в ходе вычислений количества шагов, равного первому бесконечному числу ω . Такие построения уже будут непротиворечивыми. Но они обладают существенным, на наш взгляд, изъяном.

Осмысливая принципы, лежащие в основе теории множеств (которая может, как известно, рассматриваться в качестве фундамента современной математики), Дж.Р.Шенфилд указывает на “следующий фундаментальный вопрос: если дана совокупность S шагов, то существует ли шаг, следующий за каждым шагом из S ?”¹⁰ Рассматривая случаи, когда S состоит из единственного шага или из бесконечной последовательности шагов S_0, S_1, \dots , он отвечает на поставленный вопрос утвердительно: “В первых двух случаях мы

⁹ Уитроу Дж. Естественная философия времени. М., 1964. С. 177.

¹⁰ Шенфилд Дж.Р. Аксиомы теории множеств // Справочная книга по математической логике. Теория множеств. М., 1982. С. 11.

отчетливо можем представить себе ситуацию, когда все шаги из S уже осуществлены”¹¹. Применим эти рассуждения к апории “Ахилл”. Ряд $1/2^1, 1/2^2, 1/2^3, \dots, 1/2^n, \dots$ не может быть завершен, т.к. у него отсутствует последний элемент. Но представим себе, что Ахилл уже побывал в *каждой* из точек этого ряда. Тогда на следующем шаге он окажется в точке, которая следует за всеми точками бесконечного ряда и является концом пути. Движение, таким образом, завершено. Проблема, однако, в том и заключается, каким образом получилось так, что Ахилл побывал во всех точках не имеющего конца ряда $1/2^1, 1/2^2, 1/2^3, \dots, 1/2^n, \dots$. Если это уже “дано”, то и говорить не о чем – апория разрешается, фактически, путем постулирования наличия решения.

Логически все это непротиворечиво (вопреки мнению самого Зенона). Но здесь процесс движения, содержащий, по условию задачи, *бесконечное* число шагов, сводится, по сути, к *трем* шагам: на шаге 1 вводится ряд точек $1/2^1, 1/2^2, 1/2^3, \dots, 1/2^n, \dots$, на шаге 2 *постулируется*, что Ахилл побывал в каждой из этих точек, а на шаге 3 делается вывод о завершении движения в конечной точке, *не принадлежащей* рассматриваемому ряду. В результате как бы “пересчитан” ряд, упорядоченный по типу $\omega+1$. *По видимости речь идет о бесконечном по числу шагов процессе, тогда как на деле процесс при таком подходе завершается за три шага.* Сказанное приобретет большую наглядность, если обратиться к симметричной ситуации с апорией “Дихотомия”. Здесь вначале движущееся тело поместим в точке старта. Затем добавим к имеющейся точке старта совокупность точек, упорядоченных по типу ω^* , получив тем самым линейный порядок типа $1+\omega^*$, и, на последнем шаге, *постулируем*, что тело побывало в *каждой* из точек ряда ω^* . Значит, движение успешно началось, хотя между точкой старта и любой из последующих точек лежит бесконечное множество промежуточных точек. Снова перед нами процесс *из трех шагов*, и снова вопрос о принципиальной возможности пересчета бесконечного порядкового типа $1+\omega^*$ обходится путем *постулирования преодоления бесконечности за один шаг.*

Легко представить себе совокупности, упорядоченные по типам $\omega+1$ и $1+\omega^*$, в качестве данностей. Но вообразить *процесс пошагового получения этих совокупностей элемент за элементом, в соот-*

¹¹ Там же. С. 12.

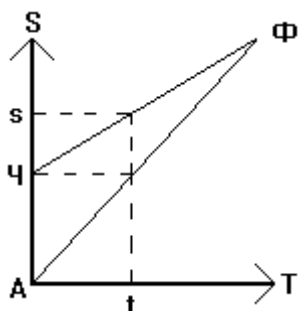
ветствии с порядком на них, логически невозможно. Неизбежно на каком-то шаге либо а). будет нарушен порядок прохождения элементов (наряду с движениями от предыдущих точек к последующим придется вводить скачки от последующих точек к предыдущим), либо б) потребуется постулировать переход не от элемента к элементу, а от *совокупности* элементов к элементу или наоборот. Первая альтернатива ускользнула от внимания исследователей, и потому требует особого разбора, который будет проведен в дальнейшем.

Что касается второй альтернативы, то именно она реализуется в рассмотренных псевдо решениях парадоксов движения. Между тем, в апориях Зенона движение понимается как переход от точки к точке, но, ни в коем случае не как переход от совокупности точек к точке или обратно. Проблема в том, можно ли, двигаясь от одной точки пути к другой, завершить движение, и в том, можно ли, попав в какую-то точку, найти другую точку, куда нужно попасть на следующем шаге, что необходимо для начала процесса движения. Если же вместо переходов от точки к точке в процессе движения нам рекомендуют переходить от множеств точек к отдельным точкам или от отдельных точек к множествам точек, то поставленная проблема подменяется другими. Кроме того, если в процессе движения мы должны посетить бесконечное количество точек, то и сам этот процесс неизбежно окажется содержащим бесконечное число шагов. Как было показано, переходы от совокупностей точек к точкам и обратно могут совершаться за конечную последовательность шагов. Просто на одном из этих шагов обязательно будет использована бесконечная совокупность точек, введенная как актуальная данность, но не как полученная в процессе поэлементного конструирования структура. В этом и заключается изъян предлагаемого разрешения апорий.

Получается в итоге, что трудности, связанные с апориями “Ахилл” и “Дихотомия”, остались не преодоленными. Другое дело апория “Стадий”, которая оставляет надежду на положительное разрешение проблемы движения в дискретном случае. Однако у Зенона есть апория против движения, которая вообще не связана ни с трудностями оперирования с бесконечностью, ни с вопросом о непрерывности или дискретности пространства и времени. Это апория *Летящая стрела*. Формулируется она очень просто. В каждый момент полета стрела занимает определенное место и покоится в

нем. В противном случае придется допустить, что за мгновение стрела способна изменить свое местоположение, что нелепо. Следовательно, движение стрелы есть сумма состояний покоя, т.е. стрела не движется.

Суть затруднения в том, что, согласно Зенону, движение тела означает изменение его местоположения. За мгновение времени никаких изменений в местоположении тел произойти не может. Но



поскольку время складывается из мгновений, в каждое из которых все тела покоятся, движения нет. Отметим, что это рассуждение нельзя опровергнуть ссылкой на то, что движущееся тело обладает отличной от нуля мгновенной скоростью, как это иногда думают¹². Действительно, рассмотрим следующий рисунок. Видно, что более высокая

скорость бега Ахилла по сравнению с черепахой отражена меньшим углом наклона графика его бега к оси S. Угол наклона графика связан, как известно, с мгновенной скоростью, значение которой определяется тангенсом угла касательной к графику функции. Однако все это не отменяет того факта, что в любой момент времени t Ахилл и черепаха находятся в строго определенных точках пути. В этих точках они вполне неподвижны. Вся картина их взаимного расположения во времени и пространстве дана сразу, целиком. И ничто в этой картине не движется, вся она складывается из состояний покоя в каждой точке графиков.

2. Статическое представление времени и движения

Рассмотренное представление движения имеет статический характер. Оно полностью подобно изображению движения при помощи кинематографии. Как известно, изображение движения на киноленте складывается из отдельных кадров, на которых все неподвижно. Но если прокрутить эту ленту со скоростью 24 кадров в секунду, возникает иллюзия движения. Теперь представим себе, что количество кадров ленты несчетно, и что все они упорядочены так же, как и действительные числа, в результате чего каждому моменту времени соответствует один кадр. В итоге мы получим как раз ту картину движения, которая сводит его к сумме состояний покоя (от-

¹² Даан-Дальмедико А., Пейффер Ж. Цит. соч. С. 238.

дельных кадров), расположенных непрерывным образом (в отличие от реальных кинолент). Но именно так и описывается движение в современной физике. Выдающиеся ученые чувствовали это. Например, такой тонкий аналитик, как Б.Рассел, фактически прямо признал то, что Зенон отрицал в качестве парадокса: "...мы живем в неизменном мире и ... стрела в каждый момент своего полета фактически покоится"¹³, однако, согласно Расселу, данное обстоятельство не мешает признавать наличие движений и изменений в том смысле, что в *разные* моменты времени мир находится в *разных* состояниях.

А.Грюнбаум в ответ на это возразил, что кадры киноленты существуют *одновременно*, и потому те, кто обвиняет современную физику в уподоблении мира киноленте, приписывают ей абсурдное положение о том, что все события одновременны¹⁴. Хотя некоторые авторы давали повод для таких упреков, в целом выставленное возражение ошибочно. Мы имеем дело с тропом, который можно назвать *кинематографической метафорой*, так что о буквальном отождествлении мира и реальных кинолент речь, конечно, не идет. В рамках кинематографической метафоры отдельный кадр соответствует состоянию мира в определенный момент времени, так что разные кадры представляют разные мгновения времени, в полном согласии с физикой. И когда оппоненты А.Грюнбаума говорят о *сосуществовании* последовательных моментов времени в статической картине мира, то термин «сосуществовать» можно использовать в *безвременном* смысле. Рассмотрим словосочетания «совокупность событий 2014 года» и «совокупность событий 2214 года». С точки зрения статики обе упомянутые совокупности *не меняются*. Они *существуют в неизменном виде* независимо от всяких ссылок на момент «теперь» или «сейчас» или на какие-либо другие временные интервалы, что и позволяет говорить о них как сосуществующих в безвременном смысле, подобном тому, в каком мы говорим о совокупностях предметов, изображенных на кадрах с номерами 2014 и 2214. Только, в отличие от реальных кинолент, нельзя утверждать, что «кадры» «совокупность событий 2014 года» и «совокупность событий 2214 года» существуют одновременно. Однако это не означает, что фраза «Существуют события 2014 года и суще-

¹³ Цит. по: Уитроу Дж. Там же. С. 179.

¹⁴ Грюнбаум А. Философские проблемы пространства и времени. М., 1969. С.405.

ствуют события 2214 года» лишилась смысла. Напротив, в статической (но не динамической!) концепции времени она вполне осмысленна. Но это всё, что требуется для утверждения *совместного существования* разновременных совокупностей событий.

Разумеется, раздавались голоса против такого статического подхода к описанию времени и движения в современной науке. Одним из критиков был философ-интуитивист А.Бергсон. Он настаивал на том, что необходимо различать описание результатов движения и описание движения как особого процесса или акта. По мнению Бергсона, наука в принципе не способна постичь движение как процесс или акт.

“...Если во времени механика постигает лишь одновременность¹⁵, то в движении – только неподвижность.

Можно было бы предвидеть этот результат, если вспомнить, что механика по необходимости оперирует с уравнениями, а алгебраическое уравнение всегда выражает совершившийся факт. Между тем сама суть длительности и движения, какими они предстают нашему сознанию, заключается в процессе непрерывного становления: алгебра же может выражать в своих формулах результаты, полученные в определенный момент длительности, и положение, занимаемое в пространстве движущимся телом, но она не в состоянии выразить саму длительность и само движение”¹⁶.

В случае движения мы “имеем дело не с *вещью*, но с *процессом*”, поэтому “в движении следует различать два элемента: пройденное пространство и действие, посредством которого тело проходит его”. Обращаться с этими элементами нужно по-разному. Например, “делить можно вещь, но не акт”¹⁷. Зенон же, по мнению Бергсона, смешивает процесс движения, каждый акт которого неделим, с бесконечно делимым пространством.

“Почему Ахилл обгоняет черепаху? Потому, что каждый шаг Ахилла и каждый шаг черепахи в качестве движений неделимы, а в

¹⁵ Вот пример того, как неаккуратное использование слов способствует возникновению обоснованных подозрений в непонимании элементарных вещей. Утверждать, что «механика постигает лишь одновременность» – значит входить в вопиющее противоречие с действительным положением дел в этой науке. Еще раз повторим: критика статических, парменидовских представлений о времени и движении современной науки не должна приписывать ей нелепое утверждение об одновременности разновременных событий.

¹⁶ Бергсон А. Опыт о непосредственных данных сознания // Бергсон А. Соч., т.1. М., 1992. С. 101.

¹⁷ Там же. С.98.

качестве пространства – суть различные величины; а значит, пространство, пройденное Ахиллом, будет больше, чем сумма расстояния, пройденного черепахой, и того, на которое она вначале его опередила. Зенон совершенно не принимает в расчет, что только пространства можно произвольно разлагать и вновь составлять, поэтому он, воссоздавая движения Ахилла по тому же закону, что и движения черепахи, смешивает пространство с движением»¹⁸.

Здесь А.Бергсон не прав. Похоже, для Зенона было несомненным, что движение есть именно пошаговый, т.е. дискретный, процесс. Ведь он говорит не о трудностях введения завершенных в своей данности отрезков пространства, а о немыслимости процесса их прохождения. Либо движение будет описано как процесс, как ряд последовательных шагов, операций или действий по осуществлению движения, либо придется признать, что любая попытка такого описания неминуемо ведет к противоречиям, что будет означать логическую невозможность движения. Согласно Пармениду и Зенону, неизбежна вторая альтернатива. Движения как процесса нет и быть не может. Со своей стороны, объявляя апории против движения софизмами, Бергсон не в состоянии предложить приемлемого их решения. Нельзя же считать таким решением наивную апелляцию к интуиции. Вместе с тем, в рассуждениях французского философа о коренном отличии статического представления о движении от процессуального заключено рациональное зерно.

Современная наука, особенно математика и физика, блестяще подтвердила философию элеатов, приняв статические представления о движении. Та картина движения, которую она дает, надо полагать, вполне бы удовлетворила как Парменида, так и Зенона с точки зрения отсутствия в ней *процесса* движения. Обгоняя черепаху, Ахилл не движется в том смысле, что не переходит из одного места в другое. Просто в один момент времени он находится в одном месте, в другой – в другом, подобно тому, как мчащийся по шоссе автомобиль на киноленте просто размещается в разных кадрах этой ленты. Произошла всего лишь смена терминологии при неизменном подходе, выдвинутом еще элеатами. Они вряд ли согласились бы считать уравнения и графики функций, показывающие, где находится движущееся тело в каждый момент времени, описаниями движения. Такого рода аппарат способен зафиксиро-

¹⁸ Там же. С. 99.

вать наличный результат движения, но не объяснить, как тело *переходит* от одного места к другому. А раз нет актов перехода, нет и движения. Но можно отмахнуться от проблемы процессуальности движения, подменив ее статическим геометрическим представлением: вместо актов перехода взять графики соответствующих функций и назвать их описаниями движения тел.

Можно вообразить, что если бы элеатам предъявили современный взгляд на движение, сводящийся к тому, что в одни моменты времени тела находятся тут, а в другие там, то они вряд ли стали бы спорить с такой позицией. В сущности, именно это и утверждает Зенон в апории “Летящая стрела”. Стрела в разные мгновения полета находится в разных местах. Данное положение он и не думает оспаривать. Только если современная наука ставит здесь точку, считая, что тем самым философские проблемы описания движения исчерпаны и осталось лишь преодолеть технические трудности, элеаты идут дальше, требуя, если угодно, предъявления своего рода *алгоритмов* движения, а не геометрических линий или уравнений. Их вывод о невозможности движения основывается исключительно на неудачах попыток построения таких алгоритмов. Оставалось вернуться к статической картине мира, в которой в разные моменты времени тела могут находиться в разных местах, но покоятся в каждом из них. Словно бы вняв призыву элеатов, современная наука послушно следует в русле заданной ими парадигмы. Единственное отличие состоит в том, что наука не согласилась считать движение чем-то большим, чем нахождением в разные моменты времени в разных местах. Но поистине это бунт на коленях. Фактически, современная наука приняла *выводы* элеатов, забыв о том, откуда и как они были получены, изменив при этом терминологию и назвав движением то, что элеаты не могли позволить считать таковым.

Сходство прослеживается вплоть до забавных мелочей. Спросите у современного космолога, как выглядит наша Вселенная с точки зрения внешнего наблюдателя? Распространенный ответ – Вселенная с этой точки зрения является четырехмерной гиперсферой конечных размеров. Подобно тому, как существо,двигающееся по сфере в одном направлении, возвращается в ту же точку, путешественник по нашей Вселенной, если он никуда не сворачивал, вернется снова на Землю, хотя он все время удалялся от нее. Правда, промежуток времени будет очень большой. Так что не только центральный тезис элеатов об отсутствии движения находит под-

держку в современном естествознании, но даже такая малозначительная деталь философии Парменида, как конечность¹⁹ и сферичность бытия, тоже встречается в современной космологии благожелательный прием.

Другое дело, что принятие основных выводов философии элеатов (терминологические расхождения не в счет) происходит в науке неосознанно. Далекое не все физики и математики даже слышали о Пармениде, хотя, быть может, имя Зенона им более известно. Современная наука взяла на вооружение главный тезис элеатов, состоящий в противопоставлении чувственного знания и знания умопостигаемого. Желая описать при помощи математики какое-либо явление природы, ученые меньше всего склонны при этом обращать внимание на соответствие принятых теоретических допущений данным восприятия и даже эксперимента. Например, допущение в современной математике и физике бесконечных структур, весьма проблематичных с точки зрения их эмпирического оправдания, приобрело поистине повальный характер. Так, время сплошь и рядом отождествляют с множеством действительных чисел, количество которых не только бесконечно, но и несчетно. Явно дискретная структура нашего опыта никак не сказывается на масштабах применения в физике непрерывных образований (вроде только что упоминавшейся действительной прямой) и т.д. – количество примеров легко умножить. Правда, в современной науке возникали и возникают теперь мощные движения, пытающиеся сблизить чувственный и умопостигаемый миры, ликвидировать пропасть между ними, вырытую еще элеатами. В математике таким движением был и остается интуиционизм и конструктивизм, в физике все большее значение, – во многом благодаря компьютеризации науки, – получают дискретные структуры, *процессы* движения по которым можно задавать при помощи программ²⁰.

¹⁹ Третий крупный представитель элейской школы – Мелисс – считал бытие бесконечным.

²⁰ См., напр.: Губерман Ш.А., Дзюба Г.И., Кузнецов Л.В. Алгоритмический анализ парадоксов. Препринт Ин. прикл. матем. им. М.В.Келдыша АН СССР, 1987, № 228; Hamkins J.D., Lewis A. Infinite Time Turing Machines // The Journal of Symbolic Logic, V. 65, N. 2, June 2000, P. 567 – 604.

3. Время и движение как трансфинитный дискретный процесс

Пусть T' – линейное дискретное множество мощности континуума с первым и последним элементами t_b и t_e соответственно, а функция f' взаимно однозначно отображает T' на отрезок действительной прямой $[M, \Phi]$ ²¹. При этом $f'(t_b) = M$, а $f'(t_e) = \Phi$. Рассмотрим АВТ-программу²², которую назовем **Driving**.

```

I0 CHOOSE X | X = tb
I1 IF X = T' THEN END
I2 CHOOSE Z | Z = f'(X)
I3 CHOOSE Y | (Y отрезок T') & Y = X+
I4 DELETE X
I5 DELETE Z
I6 CHOOSE Z | Z = f'(Y)
I7 IF Y = T' THEN END
I8 CHOOSE X | (X отрезок T') & X = Y+
I9 DELETE Y
I10 DELETE Z
I11 CHOOSE Z | Z = f'(X)
I12 IF X = T' THEN END
I13 GOTO I3

```

Шаги $I_0 - I_1$, $I_3 - I_4$, $I_7 - I_9$ и $I_{12} - I_{13}$ соответствуют шагам канонической программы CC1LD. Согласно постулату достижимости, этот набор инструкций будет выполняться АВТ-компьютером с достаточно большой памятью, если выполнению не помешают оставшиеся инструкции I_2 , $I_5 - I_6$ и $I_{10} - I_{11}$. Легко убедиться, что такого не произойдет. На шаге I_0 в памяти разместится первый элемент t_b множества T' . Следующий шаг I_1 на самом деле лишний, поскольку известно, что T' бесконечно, однако I_1 входит в каноническую программу и потому оставлен. На шаге I_2 в памяти появится первая точка M действительного отрезка $[M, \Phi]$. После канонических шагов $I_3 - I_4$ точка M исчезает (шаг I_5), а вместо нее появляется точка

²¹ Существование таких объектов доказано в работе: *Анисов А.М.* Может ли пространство быть непрерывным, а время – дискретным? // Логические исследования. Вып. 1. М., 1993.

²² Синтаксис и семантика языка АВТ кратко описаны в статье: *Анисов А.М.* Время как процесс вычислений // *Время и информация*. – Новочеркасск: Изд-во «НОК», 2011. Более подробное описание (включающее, в частности, канонические программы) дано в книгах: *Анисов А.М.* Время и компьютер. Негеометрический образ времени. М., 1991; *Анисов А.М.* Темпоральный универсум и его познание. М., 2000; *Анисов А.М.* Феномен течения времени. Логико-философский анализ. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012.

$f'(Y)$ (шаг I_6), сопоставленная элементу $t_b^+ \in T'$ и удовлетворяющая условию $M < f'(Y) < \Phi$. Затем канонические инструкции $I_7 - I_9$ приведут к выбору элемента $t_b^{++} \in T'$, которому после исчезновения точки $f'(t_b^+)$ (на шаге I_{10}) будет сопоставлена точка $f'(t_b^{++}) \in [M, \Phi]$.

Поскольку множество T' не исчерпывается элементами t_b, t_b^+ и t_b^{++} , канонические инструкции $I_{12} - I_{13}$ приведут к повторению шагов $I_3 - I_{13}$, которое будет в силу постулата достижимости происходить T' раз. Точнее, $T' - \{t_b, t_b^+, t_b^{++}\}$ раз, однако это не существенно, т.к. множества T' и $T' - \{t_b, t_b^+, t_b^{++}\}$ не только равномощны, но и могут быть взаимно однозначно отображены друг на друга с сохранением порядка: положим $\text{dom}(f) = T'$, $\text{rng}(f) = T' - \{t_b, t_b^+, t_b^{++}\}$ и $f(x) = x^{+++}$, если множество $\{y \mid y \leq x\}$ конечно; в противном случае полагаем $f(x) = x$. В конце концов либо на шаге I_3 , либо на шаге I_8 будет достигнут последний элемент t_e множества T' .

Данная строгая дизъюнкция открывает любопытную возможность введения для линейных дискретных множеств T с первым и последним элементами понятий четности и нечетности. Заметим, что если T конечно и его мощность – четное число, то программа Driving, в которой T' заменено на T , доберется до последнего элемента T на шаге I_3 (который, хотя это случайное совпадение, является четным – четвертым – оператором программы Driving). Если же T конечно и его мощность – нечетное число, то программа Driving достигнет последнего элемента T либо на шаге I_0 , либо на шаге I_8 (которые, в свою очередь, являются нечетными – первым и девятым – операторами программы Driving). Отсюда вытекает мотивировка следующих определений. Назовем линейное дискретное множество T с первым и последним элементами *четным*, если программа Driving достигнет последнего элемента T на шаге I_3 . В противном случае назовем T *нечетным*.

Независимо от того, четным или нечетным является T' , его последнему элементу t_e будет сопоставлена точка Φ отрезка $[M, \Phi]$, и либо по инструкции I_7 , либо по инструкции I_{12} АВТ-программа Driving закончит работу. В силу выше изложенного ясно, что множество T' интерпретируется как отрезок дискретного времени, на протяжении которого происходит движение по непрерывному отрезку $[M, \Phi]$. Тем самым дается теоретическое обоснование возможности процесса движения в непрерывном пространстве. Та же самая техника позволяет описывать процесс движения и по дискретному пространству. Впрочем, как отмечалось в связи с апорией

«Стадий», здесь Зенону не удалось получить противоречия. Самый важный полученный результат состоит в том, что движение было строго описано именно как *процесс*, протекающий во времени, а не как *функция* от времени.

Теперь есть теоретические средства для того, чтобы любые изменения во времени вообще трактовать процессуально, динамически, а не функционально, статически. Сказанное относится и к самому времени, поскольку время – это тоже динамический процесс.

УДК 115

©ЧУРАКОВ В.С., 2014
ПРОСТРАНСТВО И ВРЕМЯ В МИФЕ

Введение

Культурными универсалиями являются: время (t), пространство (s), причинность. Одна из культурных универсалий – время – в мифе и в науке – это специфические формы понимания, равно как и иное понимание пространства и причинности.

Э. Кассирер в своей классической работе «Теория символических форм» [14] вскрыл сущность культуры в разных исторических формациях, и установил, что миф – это первичная форма познания мира.

XXI век вырисовывается как антагонизм культур. XX век – век ренессанса изучения мифов. Начиная с эпохи Возрождения, античная мифология является неисчерпаемым источником образов [6].

Миф – качественное сознание, качественные ряды выстраивают миф. Мы рассмотрим особенности мифологических универсалий – времени (t), пространства (s) и причинности, а также – характеристики мифологического сознания.

Мифологическое сознание уникально: оно никогда не говорит от имени «Я», род такого не знает, миф – это родовая память [30;42]. Миф знает все и говорит от лица мы – единого целого, за пределами которого ничего нет; миф никогда ничего не воспринимает, задает рецептуру действия – ритуал. Миф не обладает категориальными абстракциями.

Мифологическое мышление равно (=) детскому, это предметно-чувственное мышление [30]. В первобытной культуре, в которой формировалась мифология, нет религии, поэтому религиозный культ в мифе не возможен. Мифическое сознание близко к искусству. Искусство образно как язык мифа. Язык мифа одноранговый и однородный – его нельзя выстроить в категориальную сетку. В мифе часть равна целому. Миф познает весь мир, в любом фрагменте мифа – весь мир. Это инвариант всего мира, в нем – структура мира.

Миф номинативен: назвать – значит вызвать к жизни, бытию. Номинация (называние) в мифе: назвать, значит, оно есть; иметь и быть для мифа одно и то же. Миф – слово, и оно же – действие, слово – это дело [20;21].

В мифе связь между словами языка принципиально иная.

Между словами язык мифологического текста выстроен по ассоциативному признаку: все уподобляется всему.

Все известные культуры (включая исчезнувшие цивилизации) имели «Мировое Древо» [23] – символ оси мира; гору (индийцы, китайцы), шест около юрты шамана – у охотничьих и кочевых племен, обелиск у египтян...

Кроме того, «Древо мира» может быть представлено тремя состояниями: птицей, копытным, пресмыкающимся [23].

Введением повтора в мифе достигается упорядочение языкового хаоса, упорядочение космоса. Я.Э.Голосовкер в работе «Логика Античного мифа» [7] представляет «логику» мифа как иммагнативную, логику желаемого.

В отличие от мифа, сказка закручена вокруг достижения желаемого: акт воления и действия не разделены.

В мифе – другой принцип объяснения событий (или, как пишет Э.Кассирер – «рычаг объяснения иной» [14]).

Миф объясняет всё через соприкосновение в пространстве и времени.

XX век дал взрыв мифологий [3;16;32;38;40]. Мифологическими исследованиями в XX веке занимались как зарубежные учёные и философы: Р.Грейвс, Б.Малиновский, М.Элиаде [44;45;46], Дж.Кэмпбелл [18;19], К.Хьюбнер [42], З.Фрейд [41], К.Г.Юнг [47;48], так и отечественные: А.Ф.Лосев [20;21], Е.М.Мелетинский [22], А.М.Пятигорский [28].

Человек с улицы лишен знания об устройстве социального мира, у него нет знания механизмов действия социальной реальности (нет адекватного знания законов функционирования социальной реальности, нет адекватного понимания решений, принимаемых правящими элитами, нет системы ценностных координат, твердых нравственных установок и т.д. [27]), отсюда – архаизация сознания и мышления [39], широкое распространение социально-политической мифологии [3;16; 32;38;40] в мире повседневности, фабрикация и тиражирование научных мифов [2] и легкость манипулирования общественным сознанием [13;27].

Хтонические образы мифологии (змеи, гидры и т.д.) используются в пропаганде, в политической мифологии [16;38], и в языковых клише – об этом пишет А.Ф. Лосев в «Диалектике мифа» [21].

Миф не целенаправлен, а бессознателен. Миф – овеществленное юнги-анское коллективное бессознательное [47].

В мифе «рычаг объяснения» вставлен «не так и не туда»: он объясняет события прошлого и будущего через прецедент. Будущее в мифе предопределено (из-за события в *до-время, во время оно*). Время в мифе упорядочено. Есть сконструированный миф – «Кодзики» [15] в Японии. Мифу присуще отсутствие случайности: в этом гипертрофия его объяснительной функции.

Мифу присуща имперсональность, миф алогичен. Миф воздействует на подсознание, он суггестивен.

В мифе есть изначальный смысл, пребывающий в Вечности [1].

Мифу характерна не трансформация, а оборачивание: потеряв качество, герой переходит во что угодно – метаморфоз. Таков трикстер в мифологии североамериканских индейцев [29], отсюда и представление, согласно которому, изменив одежду, человек меняется сам.

Курт Хьюбнер в «Истине мифа» отмечает, что миф ничего не репрезентирует (согласно закона идентификации, знак является предметом, обозначаемым [42]) – и потому миф прост, как правда.

Пространство в мифе

В мифе пространство имеет черты времени, и обратно: время имеет черты пространства. Кстати, в архитектуре, как и в мифе, время также понимается через пространство.

У пространства в мифе нет никаких количественных измерений, но оно обладает качествами.

В мифе сакральное число три – это любая вертикальная развертка мира. (Мир упорядочен математически в современной научной картине мира). В мифе нет пространственной идентификации. Миф никогда не описывает конкретного места: топография в мифе условна.

Пространство в мифе делится на сакральное (священное) и профанное. Представление о том, что некоторые зоны наделены особой энергетикой, принципиально важно в мировоззрении языческих народов.

В полном согласии с мифом храм строится для того, чтобы посмотреть на нечто сакральное: скалу, ручей, рошу и т.д. [30;42].

С этой же целью строились и сады для созерцания. Точка в пространстве наделяется сверхординарными способностями.

Греки строили храм там, где была (говоря современным языком) наибольшая энергетика бога.

Ограждение храма квадрат – символ Земли – теменос (рис1):

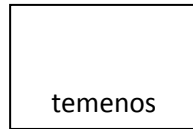


Рис.1.

Каждый бог сильнее других богов в своем temenos'e. Таким образом, в храме сакрализуется пространство.

Католический собор – это библия в камне.

На полу готического собора изображался лабиринт – путь Христа. Проходя храм, человек совершает паломничество.

Пустого пространства миф не знает. Территория, на которой проживают люди, является частью их самих. Пространство мифа связано с миром живой и неживой природы.

Из всех геометрических фигур кочевники выбрали круг: враждебное пространство не может вторгнуться (устройство лагеря кочевников, юрта, шатер также строятся на основе круга).

Индийская деревня Арьев огорожена по кругу и разбита по секторам [4;5;9;11;12;25] (рис.2).

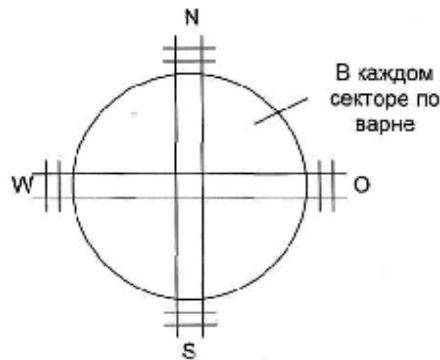


Рис.2

Это – партикуляция: рассечение пространства. Пространственная даль в мифе не описывается. Владыки Вавилона наименовали себя властелинами «четырех сторон света» (бесконечности). Привычка разделять мир и наделять его свойствами характерна для мифа. Жезл – символ мирового дерева. У римлян священное огражденное пространство – *помериум* (рис.3):

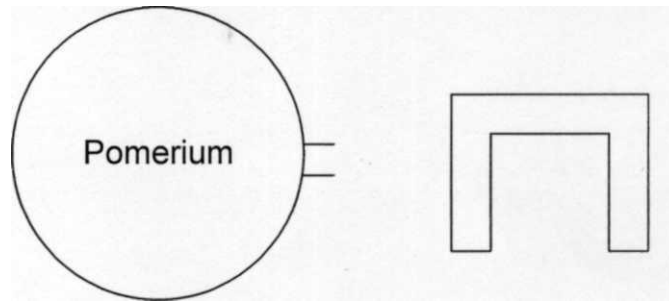


Рис.3.

Основатель Рима Ромул заключил союз с Вечностью. Предки у римлян – это память, это прошлое. Триумфальная арка, сооружаемая для победителя-триумфатора имела сакральное значение для очищения от смерти (убитых врагов).

Римский бог Янус (двуликий Янус: одним лицом он обращен в прошлое, а другим – в будущее) – это бог границы, а Терминус (отсюда – Терминатор – линия разделения смены дат) – бог межи (рис.4).



Двуликий бог Янус

Рис.4 Бог Янус

В Древнем Риме существовал запрет священнослужителям прикасаться к острым предметам и сопровождать покойников, а при штурме чужих городов производилось магическое оперирование. У древних скандинавов и германцев деление мира осуществлялось на *midgard* – усадьбу, отвоеванную у мира, и *utgard* – даль и глубь, если человек уйдет туда, то оттуда уже не вернется [25].

Китайцы моделировали мир таким образом (рис.5):

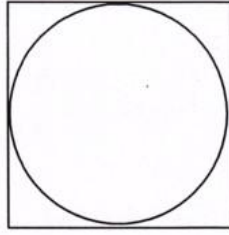


Рис.5

Поднебесная (Китай – это Ойкумена, цивилизованный мир, центр мира, окруженный со всех сторон варварами): круг, опущенный на квадрат.

Европейцы для китайцев – варвары южных морей. Китайцы называют европейцев крысами. Политическая доктрина Китая: нет и не может быть равенства между китайцами – подданными «срединной империи» и варварами. Китайский император (либо китайское правительство) не воюет, а наказывает врагов [49].

В языческой мифологии пространство делится на свое и чужое. Обязательное правило для язычника – жизнь за жизнь, смерть за смерть (закон соответствия). Знаменитый древнегреческий Храм Парфенон – образ мира, аналог космоса. Храм есть аналог и космоса, и человека [42].

В любом мифе есть зачин. Миф объясняет последовательность действия богов или перволюдей при создании мира. Есть точка, в которой мир может свернуться и развернуться.

Итак, особенность человека в мифе – его не выделенность из окружающей среды. Человек сращен со своим окружением.

В мифологическом искусстве нет прогресса: оно следует строгим канонам. Первыми изображениями были тотемы. Так, к примеру, стены пещеры Ляско покрыты изображениями копытных – тотемами культуры Ляско. В древнеегипетской мифологии Хеб-Сед – Жизнь-Смерть – олицетворение подготовки к мумификации фараона [23]. В мифе процесс убийства – это перетекание жизни от одной формы к другой.

Многим стилям первобытного искусства – эпохи создания древней мифологии присущ так называемый «рентгеновский стиль»: обрис животного и его хребет, внутренние органы – сердце и печень.

В мифе, в мифологической традиции враг наделяется хтоническими чертами (враг – змея, «гад ползучий», гидра, дракон).

В мифе нет судьбы, человек всегда равен себе, человек не подвержен изменениям во времени. Изменений в мифе нет, нет логической связи между поступками.

Элементы древней мифологии органично вошли в культуры последующих эпох. Так, к примеру, современная женская косметика – это оберег, пришедший из мифологии, как и многие дошедшие до нас символы: зеленый цвет – символ жизни, птица – знак вечности.



Рис.6

В искусстве западного средневековья, в котором доминировало мифологическое сознание, на фресках человек изображен схематично. Как уже говорилось выше, в мифе боги, демоны и т.д. – амбивалентны. Поэтому боги могут совершать аморальные поступки. У человека в мифе нет возраста, его возраст не меняется. В мифе мир – это Эдем в процессе срывания яблока с Древа познания добра и зла. Герой в мифе не имеет мотивации. В мифе герой не владеет временем, отсутствует временность, процессуальность в человеке. Миф не различает ум и хитрость. Трикстер – плут, перевертыш, побратим героя (К.Юнг называл это «психологический перенос» [48]) – тень – это трикстер [29]. Юнговские архетипы заимствованы из мифологии: старик и старуха, младенец, анима, анимус и т.д. Ста-

руха – синтез внутренней жизни. Младенец – символ рождения в душе, не могущей освободиться от родовой зависимости.

В одном из мифологических творений – *мандале* (рис.6) – человек может видеть себя в структурном уровне, в изоморфизме.

Время в мифе

Л.Фейербах в работе «Основные положения философии будущего» [36], пишет В.Я.Голосовкер, открыл, сам того не зная, «один из законов логики чудесного (сказки и мифа), в котором часть может быть больше целого. Одновременно с этим он постиг имагинативную суть времени, которое можно сжимать и растягивать, длить вечно и вовсе сжимать» [7, с 80].

Время в мифе никогда не бывает пустым: когда ничего не происходит, миф об этом ничего не говорит. Подвиги Геракла можно перетасовать, преобразовать в любую последовательность: такая перетасовка ничего не изменит.

«*Мифологическое*, или сакральное время, ориентированное на моменты ежегодных массовых празднеств, отражало восприятие мира в коммуникативном сознании древнего человека как вечного круговращения, при котором главным является не единичное, а повторяющееся, ставшее нормой, т.е. «вечное»» – отмечает [31, с.16]

Поскольку человек внутри себя может удерживать три модуса времени (прошлое, настоящее, будущее), то:

1.Миф наполнен временем, но качественно – нет расчленения времени: качественно разные отрезки времени (прекрасное время лета, страшное время жертвы). Время обладает качеством, но не количеством.

2.Время называется пра-временем или до-временем (оно) – оно не воз-вратимо – есть непроходимый рубеж; оно обладает амбивалентностью. Мифы повествуют о великих перводеяниях.

Во времени мифа были возможны любые злодеяния – с современной точки зрения, поскольку в период создания мифологии не действовали современные этические нормы. (З. Фрейд на основе анализа мифологии пришел к выводу о возникновении табу на инцест и агрессию [41]). В мифе инцест сакрализован и ритуализирован. Во время оно законы добра и зла не действовали: герои мифа амбивалентны.

У австралийцев выделяется время сновидений: практика вещего сна (эта практика нашла место в трансперсональной психологии С.Грофа [9]). Истина сна – первична, оно дает откровенное знание.

Основной особенностью индийской культуры является мирозерцательная традиция – она необычайно экзистенциальна – о сути человеческой жизни. Благодаря ей индусы легче относятся к смерти, легче переносят страдания, она включает в себя интересные космологические представления, согласно которым – космос является динамичным в условиях нединамичного времени. Время циклично, повторяется, но не изменяется [12;45]. В силу парадигмы этой традиции – общество не нуждается в изменениях, а у людей не было ощущения неудовлетворенности жизнью. Отсюда совершенно закономерно в индийской философии возникло следующее положение: суть субъекта и внешнего мира совпадает, и эта суть предшествует субъект-объектной дихотомии: Атман есть Брахман, подлинная самость и вещь в себе суть одно и то же.

В индийской мифологии реализовано многомерное представление времени [28;43].

В китайской мифологии небо обожествлено. Понятие «небо» включает в себя и Шань-ди и судьбу; это и основа и причина всего сущего. От воли неба всё зависит; государь в своих деяниях реализует волю неба. Нельзя роптать на небо, нельзя пытаться изменить ход событий: небо несёт космическую справедливость. Необходимо понять волю неба и действовать соответственно. Отсюда – знание ситуации согласно закону перемен, что и отражено в «И-цзин» – «Книге перемен»: состояния сменяют друг друга, надо выбрать правильное отношение. Если выбор верен, стремление к одному полюсу, подразумевающее негативное отношение к другому, сменяется свободным движением в потоке времени и переживанием противостояния в себе самом. При этом вся работа по адаптации к конфликту во внешнем мире совершается внутри. Если удаётся сохранять гармонию между внутренним «Я» и окружающим миром, то мир – при всём многообразии проявлений не причинит вреда.

Китаевед Л.Е.Померанцева отмечает специфику китайской мысли, связанной с «изначальной ци (кит. юань ци), представляющей собой субстанцию хаоса, предшествовавшего космогенезу. В соответствующих фрагментах письменных памятников изначальная ци непосредственно отождествляется с хаосом (хундунь).

В других случаях речь идет о пустоте-туманности, в которой содержится дао как своего рода «свернутая» программа будущего мира: Дао изначально находилось в пустоте-туманности. Пустое-туманное породило пространство-время (кит. юйчжоу – «космос»). Пространство-время породило ци. Ци разделилось в себе: тяготевшее к мутности образовало землю, тяготевшее к чистоте-небо...

Поляризованная (как небо и земля), но удерживаемая взаимным притяжением, цзин-ци – это уже инь-янная – ци. (Специфические) модификации этой инь-янной ци преобразуют четыре сезона (времена года). Изменения плотности цзин-ци в ходе смены друг другом сезонов вызывают образование всех существующих (вещей и явлений)» [26].

Всё вышеизложенное сформировало специфическую картину мира, в которой реальность – это непрерывный поток изменений. Истинное знание заключается не во владении вещами, а в достижении единобытия с ними. Субъект-объект неотделимы, мир текуч, изменчив. Подлинной реальностью обладает небытие: не имеющая конкретных вещественных форм подоснова мироздания. Разница между бытием (ю) и небытием (у): у бытия есть форма; ю – это совокупность всех изменяющихся в мире предметов и явлений, включая человеческие дела. Поэтому ю может квантифицироваться как «десять тысяч наличий» и, что синонимично «десяти тысяч вещей» как всеохватному множеству. Термину ю присущ ценностный смысл – «имущество, достояние, богатство, собственность, ценность» – отражающий аксиологичность и прагматичность китайской философии, доходящую до самого высокого онтологического уровня. Небытие (у) – форм не имеет. Оно сходно с платоновско-аристотелевской первоматерией. Они постоянно друг в друга переходят; в качестве философских категорий ю и у появляются в «Дао дэ цзине»: «Десять тысяч вещей Поднебесной рождаются в ю, ю рождается в у». Относительность всех оппозиций: нет необходимости противопоставлять одну данность другой; противопоставляется одно состояние другому. Небытие есть как бы ещё не раскрывшиеся бытие; зерно всего, вселенское зерно развития. Оно предшествует бытию, мир спонтанно развивается из самого себя. Полное исчезновение всего тоже невозможно: оно просто уходит.

Этой картине мира соответствует понимание времени в китайской культуре:

Истинное небытие не имеет никаких форм и разделений, оно вне времени.

(Дзэнское понимание времени) – реален только миг.

(Даосское) – время циклично: 4 сезона следуют один за другим, время – атрибут Дао. Главное – пережить своё Дао (хоть 1 минуту, или 100 лет – каждый проживает своё Дао) [49].

Отношение к небытию как залогом жизни породило тенденцию движения вектора времени вспять: вектор времени направлен в прошлое, даже когда мы говорим о будущем (это представление о времени заимствовал и использовал французский писатель Марсель Пруст в своём знаменитом цикле «В поисках утраченного времени»).

Кроме того, китайцы не воспринимают мир единым и одномерным: в нём действует центробежное инь и центростремительное ян, они в рамках одного круга образуют целостность. Потенция ян переходит в инь и обратно, и неизбежен переход одного в другое; они присутствуют во всём. Дао следует самому себе (первотолчок не нужен) – (т.е. фундаментальный уровень китайских натурфилософов – это открытый ряд бинарных оппозиций типа Луна-Солнце, день-ночь, небо-земля, инь-ян). Если весь мир воспринимается как процесс становления, то и противоположность достигает ян, достигает великого предела – и происходит переход в инь. Противоположности двуедины: отсюда не может быть их дуальности.

Эфир ци заполняет всё сущее, что предполагает нераздельность физического и морального. Моральные качества воздействуют на природу. Воздействие морали на у-син («пять элементов», «пять стихий», правильнее – «пять рядов» – дерево, вода, почва, металл, огонь – одна из основополагающих категорий китайской философии, обозначающая универсальную классификационную схему, согласно которой все основные параметры мироздания – пространственно-временные и двигательно-эволюционные – имеют пятичленную структуру) – определяет их правильную структуру.

Развитие происходит по кругу: инь-ян постоянно убывают в друг-друге (китайский Абсолют двуедин), чередуются, мир развивается по моноцентрической схеме, в покое пребывает центр, от не-

го по спирали расходится бытие: похоже на кручение колеса на неподвижной оси.

Метод познания – у-вэй – не-деяние – действие, сообразное законам природы, улавливание естественного ритма: в нём совпадают знание сердца и законы вещей. В даосизме у-вэй – важнейшая категория, символизирующая принцип невмешательства в естественный порядок вещей и ход событий ни с этической ни с практической позиций. У Вэй предполагает, однако, специфическую (органическую и спонтанную) активность в виде «осуществления недеяния» (вэй у вэй): «осуществляй недеяние, но не предавайся ему», – гласит «Дао дэ цзин».

Пространство и время не являются сугубо абстрактными понятиями. В связи с чем известный синолог Г.Нидэм писал, что «Для древних китайцев время не было абстрактным параметром, последовательностью однородных моментов, но было расчленено на конкретные отдельные сезоны и их подразделения. Пространство не было абстрактно единообразным и простирающимся во всех направлениях, а было разделено на области: юг, север, восток и центр. И они объединялись вместе в таблицах соотношений: восток был неразрывно связан с весной и деревом, юг с летом и огнем» [50].

Как отмечает французский исследователь Марсель Гране, особенностью китайской мысли является то, что время не является эмпирическим, монотонно текущим и однородным, но возводится китайскими мудрецами к Небу, и соответственно, – к вечности [8].

Не случайно изобретение в Древнем Китае удивительного хронального инструмента, представляющего собою «врытые в землю трубки – камертоны, наблюдение за которыми, как считалось, позволяло уловить изменение в частоте «гармонического эфира», цзинци, исходящих от дао (демиурга)» [17, с.94;34]

3. Исследователи мифов обращают внимание на схожесть мифа и сна. Аналог сна – транс, аналог высшего ведения – трансформировать прошлое и изменить будущее.

Время во сне течет в другую сторону [37]. Для разрешения этого парадокса, как отмечает Б.Успенский, П.А.Флоренский «выдвинул гипотезу обратного, обращенного, вывернутого времени, которое, по его словам, «вывернуто через себя». Он предположил, что время во сне и время в бодрствовании характеризуются разной направленностью; во сне время течет в обратном направлении по

сравнению со временем бодрствования, и именно поэтому конец сновидения может совпадать с началом бодрствования, логическая развязка в сновидении с импульсом, спровоцировавшим эти события во времени бодрствования. Конец сновидения совпадает с началом бодрствования, они совпадают в одном и том же звуковом (например) эффekte, и именно здесь обнаруживается, по Флоренскому, разнонаправленность времени – реального и ирреального: по словам Флоренского, «в сновидении время бежит... навстречу настоящему, против движения времени бодрственного сознания. Оно вывернуто через себя, и значит, вместе с ним вывернуты и все его конкретные образы» [35, с.17]

4. Три модуса времени – прошлое, настоящее и будущее – не следуют друг за другом, время мифа не циклично и не необратимо. Время в мифе опространствованно: прошлое, настоящее и будущее – сосуществуют [42].

В архаических языках нет временного структурирования, и поэтому прошлое может влиять на будущее [30].

Миф не знает разницы между жизнью и смертью: смерть и жизнь – это изменения, метаморфозы. Кроме того, смерть – это отсутствие памяти, а в аду – нет прошлого и будущего, а есть только настоящее.

В мифе прошлое продолжает существовать, будущее тоже есть, но его надо прозреть, про-видеть, в мифологическом сознании все три модуса времени сосуществуют одновременно.

В мифе пространство и время, как и в релятивистской теории современной теоретической физики, неразрывно связаны (хронотоп).

Время в мифе никуда не направлено (в мифе отсутствует «стрела времени» – анизотропия времени), оно никуда не течет. Миф провидчески подозревал: в действительности время континуально и дискретно, что как ни странно, согласуется с современными научными концепциями.

Заключение

Современный немецкий исследователь В.Депперт обращает внимание на «Мифические формы мышления в науке на примере понятий пространства, времени и закона природы» – от которых трудно освободить мышление и знание [10]. А китайские исследователи Fang Lizhi, Zhou Youyuan отмечают, что выработанные со-

временной наукой концепции пространства и времени имеют аналогии в древнекитайской научной традиции, построенной на мифологии [51].

Сколь это не поразительно, но, в частности, вышеописанные представления о пространстве и времени древних китайцев созвучны современной науке, поскольку они находят аналогии (хотя и отдаленные) в теоретических построениях современной физики и космологии.

Литература

1. **Антонян Ю.М.** Миф и вечность. – М.: Логос, 2001.– 464с.: ил.
2. **Баландин Р.** От Николы Теслы до Большого взрыва. Научные мифы. – М.: Яуза: Эксмо, 2009. – 352с.
3. **Барт Р.** Мифологии/пер., вступ.ст. и коммент. С.Н.Зенкина. – М.: Изд-во им.Сабашниковых, 1996.– 312с.
4. **Бонгард-Левин Г.М.** Древнеиндийская цивилизация. 2-изд., пераб. и доп. – М.: Наука. Издательская фирма «Восточная литература», 1993.– 320с.
5. **Васильев Л.С.** История Востока: [В 2 - х тт.] – М.: Высш. шк., 1993. – Т.1 – 494 С.; Т.2. – 494 С.
6. **Варбург А.** Великое переселение образов: Исследование по истории и психологии возрождения античности/Пер. с нем. Е.Козиной.– СПб.: Издательский Дом Азбука-классика, 2008. – 384с.: ил.+вклейка (32с.).
7. **Голосовкер Я. Э.** Имагинативный абсолют. – М.: Академический Проект, 2012. –318с.
8. **Гране М.** Китайская мысль.– М., 2004.
9. **Гроф С.** Когда невозможное возможно: Приключения в необычных реальностях: пер. с англ. – М.: АСТ, 2007.– 441, [7] с.
9. **Гусева Н.Р.** Многоликая Индия. – М.: Наука, 1980. – 272 С., Ил.
10. **Депперт В.** Мифические формы мышления в науке на примере понятий пространства, времени и закона природы// Разум и экзистенция: Анализ научных и вненаучных форм мышления.– СПб.: РХГИ, 1999. – 402с.
11. **Дюмон Л.** Homo hierarchicus: опыт описания системы каст. – СПб.: Издательская группа «Евразия», 2001. – 480 С.
12. **Зубко Г.В.** Миф: Взгляд на мироздание. – М.: Университетская книга, 2008. – 360 с.: ил.

13. Кара-Мурза С. Г. Манипуляция сознанием в России сегодня.– М.: Алгоритм, 2001. – 544с.

14.Кассирер Э. Философия символических форм. Том 2. Мифологическое мышление. – М.; СПб.: Университетская книга, 2002.– 280с.

15.Кодзики. Мифы Древней Японии/Пер. с японск. Пинус Е.– Изд-во «У-Фактория», 2005. – 253с.

16.Кольев А. Политическая мифология: Реализация социального опыта.– М.: Логос, 2003. –384с.

17.Корнилов А.П. Теория времени в Древнем Китае//Первые Торчиновские чтения. Религиоведение и востоковедение: Материалы научной конференции. С.-Петербург, 20-21 февраля 2004г./Сост. и отв.ред. С.В.Пахомов. – СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2004. – 164с.

18.Кэмпбелл Дж. Мифы, в которых нам жить/Пер. с англ. К.Семенов.– К.: «София»; М.: ИД «Гелиос», 2002. – 256с.

19.Кэмпбелл Дж. Мифический образ/Пер. с англ. К.Семенов. – М.: ООО «Издательство АСТ», 2002. – 683, [5] с.

20.Лосев А.Ф. Знак. Символ. Миф. – М.: Изд-во Моск. Ун-та, 1982. – 480с.

21.Лосев А.Ф. Из ранних произведений. – М.: Издательство «Правда», 1990. – 655с.

22.Мелетинский Е.М. Поэтика мифа. – М.: Наука, 1976. – 407с.

23.Мифы народов мира. Энциклопедия. В 2-тт. – М.: Советская Энциклопедия, 1987.

24.Образы времени и исторические представления: Россия – Восток –Запад/ Под. Ред. Л.П.Репиной. – М.: Кругъ, 2010. – 960с.

25.Подосинов А.В. Ex oriente lux! Ориентация по странам света в архаических культурах Евразии. – М.: «Языки русской культуры», 1999. –720с., ил.

26.Померанцева Л.Е. Поздние даосы о природе, обществе и искусстве. –М.: Наука, 1979.

27.Пугачев В.П. Управление свободой. Изд. 2-е. – М.: Комкнига, 2010. – 272с.

28.Пятигорский А.М. Мифологические размышления. Лекции по феноменологии мифа. – М.: «Языки русской культуры», 1996. – 280с.

29.Радин П. Трикстер. Исследование мифов североамериканских индейцев. – СПб: Евразия, 1998. –288с.

30.Режабек Е.Я. Мифомышление (когнитивный анализ).– М.: Едиториал УРСС, 2003. – 304с.

31.Россия: изменяющийся образ времени сквозь призму языка. Репрезентация концепта времени в русском языке в сопоставлении с английским и немецким языками: Монография/Под общ. Ред В.И.Заботкиной. –М.: Рукописные памятники Древней Руси, 2012. – 472с.

32.Современная российская мифология. – М.: Изд-во РГГУ, 2005. – 288с.

33.Судьба европейского проекта времени. Сборник статей. Отв. Ред. О.К.Румянцев. – М.: Прогресс-Традиция, 2009. – 720с.

34.Ткаченко Г.А. Космос, музыка, ритуал: Миф и эстетика в «Люйши чуньцю».– М.: Наука. Главная редакция восточной литературы, 1990.– 284с.

35.Успенский Б. Этюды о русской истории. – СПб.: Азбука, 2002. – 480с.

36.Фейербах Л. Сочинения: В 2 т. Пер. с нем./Ин-т философии.– М.: Наука, 1995. Т1. – 502с.

37.Флоренский П. А. Мнимости в геометрии.– М.: . – 425с.

38.Флад К. Политический миф. Теоретические исследования/Пер. с англ. А.Георгиева. – М.: Прогресс-Традиция, 2004. – 264с.

39.Федоров П.П. Архаическое мышление: вчера, сегодня, завтра. – М.: Книжный дом «Либроком», 2009. –176с.

40.Формирование и функции политических мифов в постсоветских обществах.– М.: Ин-т Африки РАН, 1997.

41.Фрейд З. Тотем и табу.– СПб.: Азбука-Классика, 2005.

42.Хюбнер К. Истина мифа: Пер. с нем.– М.: Республика, 1996.– 448с.

43.Чураков В.С. Многомерное время в культуре и науке//Темпоральный мир (Современное состояние изучения времени: философский, теоретический и практический аспекты): сб.научн. тр./под ред. В.С.Чуракова (серия «Библиотека времени».Вып.9). Новочеркасск: Изд-во «НОК», 2012.– 666с.– (с.488-492).

44.Элиаде М. Аспекты мифа/Пер. с фр.– М.: Академический проект, 2010.

- 45.Элиаде М.** Миф о вечном возвращении/Пер. с фр. Е.Морозовой, Е.Мурашкинцевой. – СПб.: Алетейя, 1998.
- 46.Элиаде М.** Мифы, сновидения, мистерии. – К.: Рефл-бук, Ваклер, 1996.
- 47.Юнг К.Г.** Бог и бессознательное. – М.: Олимп, ООО «Издательство АСТ-ЛТД», 1998.– 480с.
- 48.Юнг К.Г.** Психология переноса. Статьи. Сборник. Пер. с англ.– М.:«Рефл-бук»; К.: «Ваклер», 1997.– 304с.
- 49.Ян Юн-го.** История древнекитайской идеологии/Пер. с кит. Ф.С.Быкова [и др.]. Общ. ред. и вступит. Статья Ян Хиншуна. – М.: Издательство иностранной литературы, 1957. – 423с.
- 50.Needham I.** Science and Civilization in Chine. Cambridge, 1966. Vol.2. – p.288.
- 51.Fang Lizhi, Zhou Youyuan.** Concepts of space and time in ancient China and in modern cosmology//Boston studies in the philosophy of science. – Dordrecht etc., 1996. Vol.179: Chinese studiein the history and philosophy of science and technology. – (P.55-60).

АРХИВ ВРЕМЕНИ

УДК115

© БЕНФИ О.Т.¹, 2014
КОНЦЕПЦИЯ ВРЕМЕНИ В ХИМИИ^{2*}

Химия изучает вещества и их превращения. На этом основании можно ожидать, что теоретическая химия занимается на 50% свойствами веществ и на 50% процессами их превращений. Это соотношение, однако, оказывается совершенно иным, частично из-за того, что описание процессов превращений на молекулярном уровне является особенно трудным.

Около века назад Александр Вильямсон в докладе о результатах своего синтеза несимметричных эфиров сказал: «Мы все согласны с тем, что химия изучает материальные процессы превращения и изменения, которым подвергается материя, и что изучение свойств материи самих по себе, до того как они подвергнутся изменениям, относится к области физики. Когда мы изучаем саму молекулу, мы ее изучаем физически; химия же рассматривает изменения, возникающие при ее взаимодействии с другой молекулой, и должна описать процесс, который приводит к этому изменению. Химическое разложение, таким образом, должно быть представлено через сопоставление формул взаимодействующих веществ и через отражение в этих формулах изменений, происходящих в смеси»³.

Вильямсон ясно понимал, что теории превращения не существовало в его время, и для описания химических превращений необходимо было продвинуться намного дальше статического описания молекул. Его доклад, озаглавленный «Соображения по динамике химии на примере теории этерификации», начинался словами: «Человеческий ум способен понимать сложные явления, только будучи подготовленным к этому изучением более простых; одно из самых наглядных доказательств необходимости такого порядка представляет нам разработка законов динамики на основании изучения статических данных. В статике мы изучаем явления в момент покоя, в динамике же мы изучаем их изменения, и эта разница ясно формулируется словами, что переход от статической к динамической точке зрения заключается в добавлении к измерениям пространства

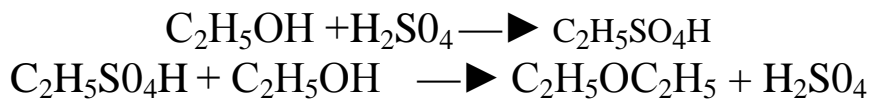
* Текст печатается по изданию: Бенфи О.Т. Концепция времени в химии // Методологические проблемы современной химии – Сборник переводов. Под ред. и с предисловием д-ра хим. наук Ю.И. Соловьёва и канд.техн. наук Н.И. Родного. – М.: Издательство «Прогресс», 1967. -203 с. – (182-191, 204-206)

измерения времени. Много существует свидетельств тому, что «необходимо» время для химического действия, но этот общепризнанный факт не учитывается в объяснении явлений»⁴.

К этой цитате надо сделать два пояснения. Во-первых, Вильямсон определяет время как необходимый фактор в любой истинно химической теории, во-вторых, его утверждение, что время до сих пор не учитывалось в объяснении химических явлений, дает его теории пальму первенства в этом отношении.

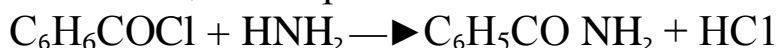
Довольно заманчиво характеризовать историю химии как непрерывное стремление избежать открытого употребления понятия времени в химических теориях⁵. Вильямсон отвергал тогдашнее мнение, что молекулы и атомы находятся в состоянии покоя. Он призывал химиков изучать «степень и вид движения» атомов и «сводить именно к этому различные явления превращения, которые сейчас приписываются неким потусторонним силам».

Вильямсон указывал на наличие молекулярного движения в химических реакциях этерификации алкоголя с помощью серной кислоты. Было доказано, что сначала образуется этилсерная кислота, которая, однако, опять отдает свою этильную группу другой молекуле алкоголя



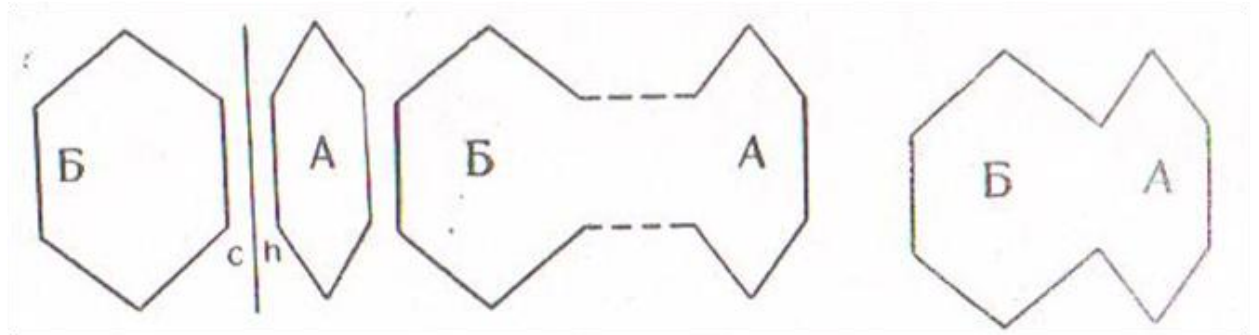
Далее, двухступенчатый процесс мог бы быть подтвержден введением в реакцию другого спирта, например амилового, в качестве второго компонента. Повторный чередующийся процесс отнятия молекулой серной кислоты этильной группы у одной молекулы алкоголя и присоединения к другой предполагает движение молекул. Вильямсон также указал на диффузию как на свидетельство молекулярного движения, происходящего даже без химической реакции. Он сознавал, что введение понятия движения в наши концепции химических систем было бы самым простым способом введения измерения времени в атомные модели.

Механизм реакции двойного замещения был предложен Августом Лораном примерно в то же время. Лоран представлял молекулы в виде геометрических фигур, на сторонах которых размещены атомы или группы. Реакцию хлористого бензоила с аммиаком



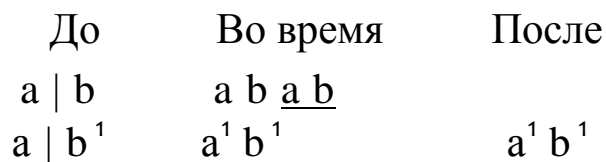
он представил с помощью гексагональных фигур, тем самым, наверное, впервые связав шестиугольник со структурой бензола.

«Чтобы изобразить взаимное замещение радикалов, я предположу, что у аммиака и хлористого бензола атомы имеют вид гексагональных фигур.



Фиг. 1. *B* и *A* обозначают хлористый бензоил и аммиак в момент вступления в реакцию между собой, сторона *c* обращена к стороне *h*, которая освобождается. **Фиг. 2.** *B* и *A* – оба радикала во время реакции. **Фиг. 3.** *B* и *A* – оба радикала после реакции, когда в *A* и *B* уже взаимно заполнены две брешки, образованные удалением хлорной и водородной «сторон»⁶. Август Кекуле в своем историческом докладе в 1858 г. о свойстве атомов углерода образовывать цепочки сослался на механическую интерпретацию Лорана и посвятил часть доклада обсуждению «процесса, возникающего при химической метаморфозе», считая, что «основная причина отсутствия определенности в некоторых точках зрения заключается в однобоком представлении о подобных химических изменениях»⁷.

Предложение Кекуле, которое он считал применимым для всех реакций, было следующим. Когда две молекулы вступают в реакцию, то они сначала в силу своего химического сродства притягиваются друг к другу и выстраиваются рядом. Сродство отдельных атомов, ранее принадлежащих различным молекулам, заставляет их войти в тесный контакт. По этой причине группа, разделенная до реакции по одному направлению, распадается по другим направлениям



В большинстве случаев сила, заставившая молекулы сблизиться, также приводит к последующему разложению. С другой стороны, допустимо – и подобные случаи имеются, – что родство атомов приведет к ассоциации молекул, но по крайней мере в тех же усло-

виях не приведет к разложению атомного агрегата, образовавшегося в виде двух молекул.

Особенный интерес поэтому представляют случаи, когда молекулярный агрегат может быть удержан в промежуточной стадии, но с помощью намеренных вариаций условий разложение можно довести до конца. Кекуле здесь предложил, вероятно впервые, основные принципы, которые мы до сих пор склонны видеть в реакции йода с водородом.

Оба - он и Лоран - предложили промежуточную стадию между начальным и конечным состоянием, и Кекуле указал на важность выделения промежуточных соединений и молекулярных агрегатов. Он ссылаясь на реакцию хлористого какодила ($\text{As}(\text{CH}_3)_2\text{Cl}$) с хлором, где можно выделить продукт присоединения, который при слабом нагревании разлагается на хлористый метил и метилдихлорарсин. Он полагал, что (NH_4Cl) и (PCl_5) аналогичны этим промежуточным продуктам присоединения, только они разлагаются в одном направлении, а именно в том же, в котором образуются.

В примечании Кекуле⁸ объяснил явления действия масс и катализа как следствие общего разрушения связи между атомами по причине сродства связанных между собой молекул. Если два вещества реагируют между собой, то увеличение концентрации ведет к большему разрушению связей, следовательно, к более быстрой реакции. Если одно из веществ, ослабляющее связи, не вступает в реакции, оно действует как катализатор⁹.

Историческая справка, данная здесь, сильно отличается от обычного исторического вступления к химической кинетике, а именно работа Вильгельми по обращению сахарозы (1850), работы Гульдберга и Вааге по действию масс (1860—1870) и работы Аррениуса по энергии активации (1889). Сама «идея» переходного или промежуточного состояния опережает на много десятилетий математическую формулу для расчета его энергии. Кинетика занимается не только количественной оценкой скорости реакций: основная ценность ее для химиков заключалась в помощи, которую она оказывает в выяснении механизма реакций. Таким образом, обе исторические проблемы — проблема механизма, т. е. характера процесса химического изменения, и проблема вариации скорости реакций в меняющихся условиях — были необходимыми предпосылками того, чтобы для современников стала понятна важность роли кинетики. К сожалению, однако, кинетику до сих пор часто преподают как изо-

лированный раздел курса физической химии, никак не связанный с принципами реакций, рассматриваемых в курсах органической и неорганической химии¹⁰. Стремление понять «процесс» превращения и ввести измерение времени в химию имеет длинную историю. Какими же путями вводилось понятие времени в химические концепции?

Концепции времени

Диффузия. Как указал Вильямсон, время связано с явлением диффузии и поясняется простым применением модели Ньютона к веществам. Движение материи объясняется наличием скорости отдельных молекул. Но никакое свойство, присущее молекуле в целом, не может само по себе объяснить превращения, происходящие в ней.

Первый закон термодинамики. Первый закон термодинамики рассматривает переход одних видов энергии в другие и утверждает принцип консервации; время только подразумевается. Переход энергии предполагает по крайней мере два состояния системы для двух различных моментов. Но первый закон не объясняет характера направления превращения; время только отделяет «до» от «после». Нет никакой необходимой связи между цепью событий и временем.

Роль математической модели может выполнить пара чисел 0 и 1; 0 обозначает начальное, а 1 — конечное состояние. Числа можно поменять, не нарушая первого закона. Если тепло накопилось при течении реакций в одном направлении, то такое же количество тепла будет потеряно для того же числа молей материи, совершающей реакцию в обратном направлении.

Второй закон термодинамики. Вторым законом в отличие от первого требует знания внутренней связи между миром событий и временем. Это химический путь установления взаимосвязи времени и пространства, вытекающий из теории относительности.

Химическая система при определенных условиях подвергается строго определенным химическим изменениям. События происходят в определенной временной последовательности. «Стрела» времени вводится наложением серийного порядка на определенные наборы событий.

В некотором общем смысле все химические изменения стихийны. При фиксированных условиях изменения происходят в одном направлении, а именно в направлении уменьшения количества сво-

бодной энергии. Изменять ход реакции в обратном направлении – значит лишь менять состояние системы до тех пор, пока обратное химическое изменение не вызовет уменьшения количества свободной энергии. Математической моделью для концепции времени во втором законе термодинамики может служить положительная часть числовой оси. За каждым числом следует большее число, так же как каждое состояние сменяется состоянием с меньшей энергией. Только свойство времени иметь единственное направление используется без всякого количественного измерения.

Ни одно число не указывается определенно на числовой оси. Возможно, лучшей моделью времени, которая здесь рассматривается, будет растягивающаяся лента, чьей единственной характеристикой является то, что она становится длиннее, если не принимать во внимание степень удлинения.

Кинетика. Второй закон термодинамики дает возможность на основании имеющегося состояния предсказать будущее состояние, но совершенно не помогает определить количество времени, необходимое для этого. В уравнениях термодинамики не указывается ни одной меры, никакой единицы времени. Казалось, существует пропасть между термодинамикой и химической кинетикой. Но кинетика использует концепцию времени, включающую единицу времени, относительно которой измеряется количество химического изменения за единицу времени. Эта единица, в конечном счете, зависит от определенных периодических явлений – вращения земли, ритма сердца, качания маятника, колебания балансира, вибрации в молекуле. Одно из этих явлений применяется за истинно периодическое, и, пользуясь им, определяют всевозможные отрезки времени.

Наверное, более чем случайный интерес представляет то обстоятельство, что переход от второго закона термодинамики к кинетическому изучению скоростей химических изменений имеет аналогию в истории геологии. До начала века геологические события могли только упорядочиваться в виде последовательных серий на шкале времени, почти без всякой количественной оценки отрезков времени между событиями. Способ радиоактивной датировки дал меру времени, так что теперь геологическому событию можно приписывать определенную дату.

Два пути существуют для установления теоретической взаимосвязи между кинетическими данными и энергетическими концепциями. Первый путь – теория соударения, использующая ньюто-

новскую модель, вводит время, используя скорости молекул, и пытается определить количество благоприятно направленных соударений, при которых к тому же реализуется требуемое количество энергии. Вторая теория, известная под названием теории абсолютных скоростей реакции, заполняет разрыв между термодинамикой и кинетикой, т. е. между единицами времени и энергии, с помощью выражения Планка $E = h\nu$. Здесь постулируется эквивалентность, коэффициент перевода между энергией и частотой, позволяя получить количественные данные о скорости по данным энергии. В частности, та определенная частота, которая вводит измерение времени в термодинамические соотношения, является вычисленной частотой свободной связи в переходном комплексе, которая разрывается при его разложении¹¹.

Применение термодинамики в теории абсолютной, скорости подразумевает, что состояние перехода можно рассматривать как любое другое термодинамическое состояние, что его свойства не зависят от пути, по которому это состояние достигнуто, что существуют равновесия между начальным состоянием и переходным состоянием, а также между переходным и конечным состоянием. Много написано по поводу этого предположения, и его часто подвергали сомнению¹².

Ясно, что если состояние перехода находится в равновесии с начальным состоянием, то никакого химического изменения не произойдет. Как недавно было установлено метастабильное состояние, подобное состоянию активированного комплекса, образуемого взаимодействующими веществами, почти всегда переходит в новые продукты и не уравнивается, как это характерно для стабильных состояний. Вместо этого в равновесие продукты приходят в обратном направлении через метастабильные, активизированные состояния, чтобы восстановить баланс, характерный для равновесия¹³.

Во вступлении к недавнему британскому симпозиуму, посвященному переходному состоянию, подчеркивается, что «величайший успех теории переходного состояния заключался не в точном предсказании скоростей даже простейших реакций, а в создании системы идей, пользуясь которой можно лучше понимать даже самые сложные реакции»¹⁴.

Особенно настойчиво пытались описать путь реакции химикорганики, пользуясь переходными состояниями и промежуточными продуктами, обладающими всеми свойствами устойчивых термодинамических

жают мгновенную картину расположения ядер и электронов, но запас энергии полупродукта настолько мал, что будущий путь его заметно зависит от предшествующего, т. е. от направления движения частиц, составляющих полупродукт¹⁶. Представить такую разницу в предыдущем поведении частиц с помощью структур I и II означает переводить временные изменения в различие в пространственном расположении. Это еще одна попытка избежать измерения времени.

Указанные соображения наводят на мысль, что, возможно, органики достигли положения, когда избыток постулированных полупродуктов и переходных состояний в не столь далеком будущем сделает необходимым переход от мышления чисто пространственными образами, наблюдаемого сейчас, к истинно динамической модели, которой, пытались бы описать непрерывные процессы химического изменения.

Примечания

Бенфи О.Т. Концепция времени в химии

¹ О. Т. Бенфи работает профессором химии в Эрлхенском колледже в Ричмонде, штат Индиана (США).

² O. T. V e n f e y, Conception of Time in Chemistry, «Journal of Chemical Education», 1963, № 11, vol. 40.

Статья впервые представлена на Симпозиуме по химической кинетике на секции химического образования на 144 конференции Американского химического общества. Лос-Анжелос, 14 апреля 1964 г.

В русском переводе статья дана с сокращением последнего раздела, касающегося преподавания химии в Эрлхенском колледже. Перевод с английского *М. Н. Соловьева*.

³ A. W. W i l l i a m s o n, «Chemical Gazette», 9 (1851), 334 reprinted in «Classics in the Theory of Chemical Combination»; O. T. V e n f e y, Editor, Dover, Co., N. Y., 1963, p. 69-71.

⁴ A. W. W i l l i a m s o n, Notices of the Proceedings at the Meetings of the Members of the Royal Institution, 1, 90 (1851-1854), reprinted in A. W. W i l l i a m s o n, «Papers on Etherification and on the Constitution of Salts», «The Alembic club», Edinburg, 1949, p. 18-20.

⁵ О причинах медленного внедрения в химию фактора времени в свое время (конец 90-х гг. XIX в.) хорошо сказал В. Оствальд. По его мнению: «Кинетика разработана значительно менее, чем статика. Причину этого следует искать в том, что в кинетике приходится принимать во внимание элемент времени, и потому в ней сравнительно со статикой одной переменной больше; этим обуславливается большая сложность задач кинетики. С другой стороны, до сих пор еще не удалось установить общих энергетических принципов, управляющих явлениями химической кинетики, тогда как для статики установлен целый ряд принципов равновесия, вытекающих из обобщения второго закона термодинамики. Тем не менее легко предсказать в будущем преобладающее развитие химической кинетики, так как путь химического процесса представляет более широкое поле для исследований о свойстве химической системы». (В. Оствальд, Основания теоретической химии, М., 1902, ст.р. 218-219.) (Прим. Ю. И. Соловьева.)

⁶ A. Laurent, *Methode de Chemie*, Paris, 1854, p. 408, translated in «*Chemical Method*»; William Odling, translator, London, 1855, p. 337, reprinted in «*Classics in the Theory of Chemical Combination*», *Op. cit.*, p. 115.

⁷ A. Kekule, «*Ann. Chem.*», 106 (1858), 137 translated in «*Classics in the Theory of Chemical Combination*», *Op. cit.*, p. 115.

⁸ A. Kekule, *op. cit.*, p. 141, translation, p. 118.

⁹ Зародыш идеи о переходном состоянии можно заметить у Вильяма Хиггинса (1789) в его описании реакции железа с хлорноватой кислотой. W. Higgins, *A Comparative View of the Phlogistic and Antiphlogistic Theories*, London, 1789; second edition reprinted in T. S. Wheeler and I. R. Partington, *The Life and Work of William Higgins, Chemist (1763—1825)*. Pergamon Press, N. Y. 1960 p. 192-3. Cf. also T. S. Wheeler, «*Proc. Chem. Soc.*», 1959, 221.

¹⁰ Такое утверждение вряд ли является верным. Многие современные физико-химики рассматривают химическую кинетику значительно шире, чем только «изолированный раздел курса физической химии». Сле-

дует также сказать, что именно реакции органической химии дали возможность изучить *медленно* совершающиеся химические процессы. Органический *объект* исследования во многом предопределил успехи химической кинетики. Автор по каким-то причинам не упоминает реакцию органических кислот с алкоголями, подробно изученную в 1862 г. Бертло и Пеан Сен-Жилем. Реакция эта имела историческое значение, так как на ней впервые был подробно изучен ход реакции *во времени*. (См. более подробно. В. Н. Кондратьев, Очерк истории развития кинетики химических реакций, «Вопросы истории естествознания и техники», 1956, вып. 2, стр. 9 - 49; Н. Н. Семенов, О некоторых проблемах химической кинетики и реакционной способности, М., 1954.) (Прим. Ю. И. Соловьева.)

©КОРОТКОВ А.В., КОРОТКОВ В.А., 2014
ТЕОРИЯ ПОЛЯ ВОСЬМЕРНОГО
ПСЕВДОЕВКЛИДОВОГО
ПРОСТРАНСТВА-ВРЕМЕНИ*

Введение

Необходимость построения теории единого поля, включающего в себя теории известных полей, каждый раз возвращает нас к аппарату четырехмерного псевдоевклидового пространства-времени Минковского, который да сих пор не смогли сколь-нибудь существенно обобщить, несмотря на многочисленные попытки, определенные успехи и почтенный возраст учения. Основу этого аппарата составляет трехмерная собственно евклидова векторная алгебра, и поэтому дальнейшее расширение пространства, а вслед за этим и теории поля, ограничено возможностями этой алгебры. Тем не менее, физиков уже не устраивают теории с малым числом пространственных измерений.

В связи с этим приобретает исключительную значимость разработка векторной алгебры семимерного собственно евклидового пространства и теории семимерного поля на её основе. Именно они позволяют без особых затруднений ввести понятия восьмимерного псевдоевклидового пространства-времени с метрическим тензором, определяемый семью отрицательными компонентами, и на его базе переложить понятия четырехмерной теории поля на вариант восьмимерной теории. В рамках восьмимерных представлений семимерное поле выступает как совокупность семи однотипных по конфигурации трехмерных полей, одним из которых является электромагнитное поле. Это дает возможность говорить о наличии ещё шести физических полей, описываемых тем же способом, что и электромагнитное поле, и о их тесной взаимосвязи друг с другом.

* Текст печатается по изданию: Коротков А.В., Коротков В.А. Теория поля восьмимерного псевдоевклидового пространства-времени. – Новочеркасск: НПИ, 1991.– 46с.– С разрешения авторов.

Ниже приводятся основные закономерности восьмимерного псевдоевклидового пространства-времени и теории поля, построенной на его основе.

В теоретической физике, в частности в механике и электродинамике [1] широко используется понятие четырехмерного псевдоевклидового пространства-времени индекса три, которое характеризуется тремя отрицательными пространственными компонентами квадрата интервала

$$S^2 = c^2(t_2 - t_1)^2 - (x_2 - x_1)^2 - (Y_2 - Y_1)^2 - (z_2 - z_1)^2$$

между событиями, определяемыми совокупностью координат (ct, x, y, z) . Эти координаты рассматриваются как компоненты четырехмерного радиус-вектора $x^1 = (x^0, x^1, x^2, x^3) = (ct, x, Y, z) = (Ct, R)$, квадрат длины которого определяется выражением

$$x^1 x_i = (x^0)^2 - (x^1)^2 - (x^2)^2 - (x^3)^2$$

так, что $x_i = (Ct, -R)$.

По нашему мнению представляет интерес изучение свойств восьмимерного псевдоевклидового пространства-времени индекса семь, которое характеризуется семью отрицательными пространственными компонентами квадрата интервала между событиями, определяемыми совокупностью компонент восьмимерного радиус-вектора

$$x^1 = (x^0, x^1, \dots, x^7) = (Ct, R),$$

квадрат длины которого определяется выражением

$$x^1 x_i = (x^0)^2 - (x^1)^2 - \dots - (x^7)^2$$

так, что $x_i = (Ct, -R)$.

Рассмотрим свойства восьмиметрового псевдоевклидового пространства-времени, полагая квадрат интервала между событиями инвариантом по отношению к преобразованию от одной инерциальной системы отсчета к любой другой.

Пусть $x_1^0, x_1^1, \dots, x_1^7$ и $x_2^0, x_2^1, \dots, x_2^7$ координаты двух событий в некоторой системе k . Спрашивается: существует ли также система k' , в которой оба эти события происходили в одном и том же месте пространства. Введем обозначение

$$(x_2^0 - x_1^0)^2 = c^2(t_2 - t_1)^2 = c^2 t_{12}^2 \text{ и } (x_2^1 - x_1^1)^2 + \dots + (x_2^7 - x_1^7)^2 = I_{12}^2$$

Тогда квадрат интервала между событиями в системе K $S_{12}^2 = c^2 t_{12}^2 - I_{12}^2$ и в системе K' $S'_{12} = c^2 t_{12}^2 - I'_{12} c$, причем в силу инвариантности квадрата интервала

$$c^2 t_{12}^2 - I_{12}^2 = c^2 t'_{12}{}^2 - I'_{12}{}^2.$$

Мы хотим, чтобы в системе K' оба события произошли в одной точке, т.е. чтобы $I'_{12} = 0$; тогда $S_{12}^2 = c^2 t_{12}^2 - I_{12}^2 = c^2 t'_{12}{}^2$. Следовательно, система отсчета с требуемым свойством также существует. Расстояние между точками, где произошли эти события в этой системе отсчета, равно

$$I'_{12} = \sqrt{c^2 t_{12}^2 - I_{12}^2}.$$

1.1. Собственное время

Предположим, что мы наблюдаем из некоторой инерциальной семимерной системы отсчета K движущиеся относительно нас часы. Введем также инерциальную семимерную систему отсчета K' , движущуюся относительно K со скоростью, совпадающей с семимерной скоростью v движения часов в данный момент времени.

В течение бесконечно малого промежутка времени по неподвижным часам движущиеся часы проходят расстояние

$$dX = ((dX^1)^2 + (dX^2)^2 + \dots + (dX^7)^2)^{1/2}.$$

В системе K' , связанной с движущимися часами, последние в данный момент времени покоятся, т.е.

$$dX'^2 = dX'^1 = \dots = dX'^7 = 0.$$

В силу инвариантности квадрата интервала

$$dS^2 = c^2 dt^2 - dI^2 = c^2 dt'^2,$$

откуда промежуток времени, зафиксированный движущимися часами

$$dt' = \sqrt{1 - v^2/c^2} dt.$$

Промежуток времени, показываемый движущимися часами, если по неподвижным часам пройдет время $\Delta t = t_2 - t_1$

$$\Delta t' = t'_2 - t'_1 = \int_{t_1}^{t_2} \sqrt{1 - v^2/c^2} dt.$$

Очевидно, что собственное время движущегося объекта всегда меньше, чем соответствующий промежуток времени в неподвижной системе. Другими словами, движущиеся часы идут медленнее неподвижных и интеграл $\frac{1}{c} \int_a^b dS$, взятый между двумя точками, имеет максимальное значение, если часы неподвижны.

1.2. Преобразования координат восьмимерного пространства

Найдем формулы преобразования координат при переходе от одной инерциальной системы отсчета к другой в восьмимерном псевдоевклидовом пространстве-времени. Искомое преобразование математически выражается, как собственное вращение восьмимерной системы координат ct, X^1, X^2, \dots, X^7 .

Всякое вращение в восьмимерном пространстве можно разложить на 28 вращений в плоскостях. Рассматривая поворот в плоскости tX^1 при неизменяемых координатах X^2, X^3, \dots, X^7 и квадрате интервала от точки ct, X^1 до начала координат, получим связь между старыми и новыми координатами в этом преобразовании в виде

$$\begin{aligned} ct &= ct'CH\psi + X'^1SH\psi \\ X^1 &= ct'S\psi + X'^1SH\psi \end{aligned}$$

где ψ – угол поворота, причем $c^2t^2 - (x^1)^2 = c^2t'^2 - (x'^1)^2$. Остается определить угол ψ , который может зависеть только от относительной скорости v двух инерционных семимерных систем отсчета.

Рассмотрим движение в системе k . Тогда $x'^2 = 0$ и, следовательно:

$$\begin{aligned} ct &= ct'CH\psi \\ x^1 &= ct'SH\psi \end{aligned}$$

или, разделив одно на другое:

$$\frac{x^1}{ct} = TH\psi.$$

Но x^1/t есть, очевидно, семимерная скорость v системы K' относительно k , таким образом.

$$TH\psi = \frac{v}{c};$$

отсюда

$$SH\psi = \frac{v/c}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}, CH\psi = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}.$$

В результате находим:

$$t = \frac{t' + \frac{v}{c^2}X'^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}, X^1 = \frac{X'^1 + vt'}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}, X^2 = X'^2, \dots, X^7 = X'^7.$$

Это искомые формулы преобразования. Они близки преобразованиям Лоренца и имеют для дальнейшего фундаментальное значение.

Формулы, выражающие $t', X'^1, X'^2, \dots, X'^7$ через t, X^1, X^2, \dots, X^7 получаются заменой v на $-v$. При предельном переходе $c \rightarrow \infty$ эти формулы переходят в преобразование, близкое преобразованию Галилея.

Из преобразования координат объектов в восьмимерном псевдоевклидовом пространстве-времени можно оценить изменения длин и промежутков времени. Пусть длина покоящейся в системе K линейки

$\Delta X^1 = X_2^1 - X_1^1$; координаты концов линейки в системе K' в один и тот же момент времени t'

$$X_2^1 = \frac{X'^1_2 + vt'}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}, X_1^1 = \frac{X'^1_1 + vt'}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

так, что

$$\Delta t = \frac{\Delta t'}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

что полностью соответствует ранее полученным результатам.

1.3. Преобразование скорости

Найдем формулы, связывающие скорость движущейся частицы в одной системе отсчета со скоростью той же частицы в другой системе. Для этого рассмотрим систему K' , движущуюся относительно системы K с семимерной скоростью v вдоль оси X^1 , тогда

$$dt = \frac{dt' + \frac{v}{c^2} dX'^1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}, dX^1 = \frac{dX'^1 + v dt'}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}, dX^2 = dX'^2, \dots, dX^7 = dX'^7.$$

Разделив на первое равенство остальные, находим:

$$\gamma^1 = \frac{dX^1}{dt} = \frac{dX'^1 + v dt'}{dt' + v/c^2 dX'^1} = \frac{\gamma'^1 + v}{1 + \frac{v\gamma'^1}{c^2}},$$

$$\gamma^1 = \frac{dX^1}{dt} = \frac{dX'^1 + v dt'}{dt' + v/c^2 dX'^1} = \frac{\gamma'^1 + v}{1 + \frac{v\gamma'^1}{c^2}}.$$

Эти формулы и определяют преобразование скоростей, представляя собой закон сложения скоростей. В предельном случае $c \rightarrow \infty$ они переходят в формулы, близкие формулам классической

механики

$$\gamma^1 = \gamma'^1 + v$$

$\gamma^2 = \gamma'^2, \dots, \gamma^7 = \gamma'^7$. В частном случае, движения частицы параллельно оси x^1 $\gamma^1 = \gamma, \gamma^2 = \gamma^3 = \gamma^7 = 0$. Тогда $\gamma'^2 = \gamma'^3 = \dots = \gamma'^7 = 0$, а $\gamma'^1 = \gamma'$, причем

$$\gamma = \frac{\gamma' + v}{1 + \frac{v\gamma'}{c^2}}$$

Легко убедиться в том, что сумма двух скоростей меньших или равных скорости c , есть снова скорость, не большая скорости c .

Выберем оси так, чтобы скорость частицы в данный момент лежала

в плоскостях x^1, x^2 , тогда скорость частицы в системе k имеет компоненты $\gamma^2 = \gamma \cos Q', \gamma^1 = \gamma \sin Q'$ а в системе K' имеем $\gamma'^1 = \gamma' \cos Q', \gamma'^2 = \gamma' \sin Q'$ γ, γ' и Q, Q' – абсолютные величины и углы, образованные семимерными скоростями с осями x^1 и x'^1 соответственно в системах k и k' . Тогда находим

$$TGQ = \frac{\gamma^2}{\gamma^1} = \frac{\gamma^2 \sqrt{1 - V^2/C^2}}{\gamma'^1 + V} = \frac{\gamma' \sin Q' \sqrt{1 - V^2/C^2}}{\gamma' \cos Q' + V}$$

Эта формула определяет изменение направления скорости при переходе от одной системы отсчета к другой.

Рассмотрим изменение направления скорости частиц, движущихся со скоростью c (явление аберрации). В этом случае $\gamma = \gamma' = C$ и

$$TGQ = \frac{\sqrt{1 - V^2/C^2}}{\cos Q' + \frac{V}{C}} \sin Q'$$

В случае $v \ll c$ находим с точностью до членов порядка v/c

$$TGQ = TGQ' \left(1 - \frac{V}{c \cos Q'}\right).$$

Вводя угол $\Delta Q = Q' - Q$ (аберрации), находим с той же точностью:

$$\Delta Q = \frac{V}{c} \sin Q'$$

т.е. элементарную формулу для аберрации света.

1.4. Энергия и импульс свободной частицы

Для вывода уравнения движения частиц будем исходить из принципа наименьшего действия. Начнем с нахождения интеграла действия для свободной частицы.

Интеграл действия для свободной частицы должен быть инвариантом относительно преобразований координат и поэтому должен быть взят от скаляра, причем под интегралом должны стоять дифференциалы в первой степени. Таким скаляром для свободной частицы является величина $const\ cis = mc\ ds$, где m – некоторая постоянная, так что

$$S_m = -MC \int ds,$$

прячем интеграл $\int ds$ имеет максимальное значение в той системе отсчета, где часы неподвижны, следовательно:

$$S_m = -MC \int ds = -MC^2 \int_{t_1}^{t_2} \sqrt{1 - v^2/C^2} dt = \int_{t_1}^{t_2} L dt,$$

где $L = -MC^2 \sqrt{1 - v^2/C^2}$ – функция Лагранжа.

Разложив её в ряд по степеням v/C и опустив члены высших порядков, получим:

$$L = -MC^2 + \frac{Mv^2}{2}.$$

Постоянный член в функции Лагранжа может быть опущен. После этого мы вернемся к классическому выражению $L = \frac{Mv^2}{2}$. В то же время выясняется смысл постоянной M , которая совпадает с массой частицы.

Импульс частицы определяется как производная $p = \frac{\partial L}{\partial v}$, т.е.

$$P = \frac{Mv}{\sqrt{1 - v^2/C^2}}.$$

При малых скоростях ($v \ll c$) это выражение переходит в классическое

$$P = Mv.$$

Производная от импульса по времени есть сила, действующая на частицу. Пусть скорость частицы изменяется только по направлению, т.е. сила направлена перпендикулярно к скорости, тогда

$$\frac{dP}{dt} = \frac{M}{\sqrt{(1 - v^2/C^2)^3}} \frac{dv}{dt},$$

и, следовательно, в обоих случаях отношение силы к ускорению различно.

Энергия частицы определяется уравнением $\varepsilon = \frac{\partial L}{\partial v} v - L$, т.е.

$$\varepsilon = \frac{MC^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}.$$

Энергия свободной частицы не обращается в нуль при $v = 0$, а остается конечной величиной, равной $\varepsilon = Mc^2$.

При малых скоростях ($v \ll c$) имеем, разлагая по степеням v/c

$$\varepsilon = Mc^2 + \frac{Mc^2}{2} v^2/c^2,$$

т.е., за вычетом энергии покоя, классическое выражение для кинетической энергии частицы.

Из выражений для энергии и импульса частицы найдем следующие соотношения между ними

$$\frac{\varepsilon^2}{c^4} - P^2 = M^2 c^2$$

$$P = \frac{\varepsilon v}{c^2}.$$

При $v = c$ импульс и энергия частицы обращаются в бесконечность, так что частица с отличной от нуля массой не может двигаться со скоростями, равными скорости света. В случае $M = 0$ при этом имеем

$$P = \frac{\varepsilon}{c}.$$

1.5. Восьмимерный импульс

Уточним закон преобразования энергии и импульса частицы при переходе от одной системы отсчета к другой.

Восьмимерной скоростью при этом является 8-вектор

$$u^i = \frac{dX^1}{dS} = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \frac{dX^1}{cdt}$$

с компонентами

$$u^i = \left[\frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}, \frac{v}{c\sqrt{1 - v^2/c^2}} \right]$$

Так, что при $dX^1 dX_i = dS^2$ находим $u^1 u_i = 1$, причем восьмимерным импульсом является 8-вектор

$$P^i = M c u^i = \left(\frac{\varepsilon}{c}, p \right).$$

Таким образом, энергия и импульс частицы в восьмимерном псевдоевклидовом пространстве-времени индекса семь являются компонентами 8-вектора, что дает формулы преобразования этих величин в виде

$$\varepsilon = \frac{\varepsilon + v P^1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}, P = \frac{P^1 + \frac{v}{c^2} \varepsilon}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}, P^2 = P'^2, \dots, P^7 = P'^7.$$

Для квадрата δ -импульса свободной частицы в результате имеем

$$P^1 P_i = M^2 C^2.$$

Очевидно, что уравнения классической и релятивистской механики вытекают из уравнения механики восьмимерного пространства-времени индекса семь в пренебрежении четырьмя координатами векторов.

ГЛАВА 2. ЗАРЯД В ПОЛЕ ВОСЬМИМЕРНОГО ПСЕВДОЕВКЛИДОВОГО ПРОСТРАНСТВА-ВРЕМЕНИ

2.1. Восьмимерный потенциал поля

Силы, действующие в данный момент на частицу, не определяются их расположением в этот момент. Изменение положения одной из них отражается на других частицах спустя некоторый промежуток времени. Это значит, что взаимодействие частиц друг с другом осуществляется с помощью силового поля, причем поле само по себе становится физической реальностью. Мы не можем говорить о непосредственном взаимодействии частиц, находящихся на расстоянии друг от друга. Взаимодействие может происходить в каждый момент лишь между средними точками пространства. Поэтому мы должны говорить о взаимодействии одной частицы с полем и о последующем взаимодействии поля с другими частицами.

Действие для частицы, движущейся в заданном поле, складывается из двух частей: из действия свободной частицы и из действия, определяющего взаимодействие частицы с полем. Последнее должно содержать как величины, характеризующее частицу, так и величины, характеризующие поле.

Будем, как принято считать, что свойства частицы в отношении ее взаимодействия с полем определяются всего одним параметром – зарядом частицы e , а свойства поля – восьмипотенциалом A_i , компоненты которого являются функциями координат и времени. Эти величины входят в действие в виде члена

$$S_{mf} = -\frac{e}{c} \int A_i dX^1,$$

где множитель $\frac{1}{c}$ введен для удобства.

Таким образом, действие для заряда в поле имеет вид

$$S = S_m + S_{mf} = \int \left(-MC dS - \frac{e}{c} A_i dX^1 \right)$$

Семь пространственных компонент 8-вектора A^i образуют семимерный вектор – векторный потенциал поля A , а временная компонента – скалярный потенциал $A^0 = \varphi$ так, что $A^i = (\varphi, A)$. Поэтому интеграл действия можно записать в виде

$$S = \int (-MCdS + \frac{e}{c}AdR - e\varphi dt)$$

или, вводя семимерную скорость частицы $v = dR/dt$ и переходя к интегрированию по времени,

$$S = \int_{t_1}^{t_2} \left(-MC^2 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} + \frac{e}{c}AV - e\varphi \right) dt.$$

Подынтегральное выражение отличается от функции Лагранжа для свободной частицы членами $\frac{e}{c}AV - e\varphi$, которые описывают взаимодействие заряда с полем.

Производная $\partial L/\partial V$ есть обобщенный импульс частицы

$$P = \frac{MV}{\sqrt{1-v^2/c^2}} + \frac{e}{c}A = P + \frac{e}{c}A,$$

где P – импульс свободной частицы.

Из функции Лагранжа можно найти функцию Гамильтона частицы в поле в виде

$$\varepsilon = V \frac{\partial L}{\partial V} - L = \frac{MC^2}{\sqrt{1-v^2/c^2}} + e\varphi,$$

а также соотношение между энергией и импульсом частицы в поле

$$\left(\frac{\varepsilon - e\varphi}{c} \right)^2 - \left(P - \frac{e}{c}A \right)^2 = (MC)^2.$$

2.2. Уравнения движения заряда в поле

Заряд, находящийся в поле, не только подвергается воздействию со стороны поля, но в свою очередь сам влияет на поле, изменяя его. Однако, если заряд не велик, то его действием на поле можно пренебречь. В этом случае, рассматривая движение в заданном поле, можно считать, что само поле не зависит ни от положения, ни от скорости заряда.

Уравнения движения заряда в заданном поле даются уравнениями Лагранжа

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial V} = \frac{\partial L}{\partial R}.$$

Производная $\frac{\partial L}{\partial V}$ есть обобщенный импульс частицы, т.е.

$$\frac{\partial L}{\partial R} = \frac{e}{c} \text{GRAD } AV - e \text{GRAD } \varphi .$$

Но по формуле семимерного векторного анализа

$$\text{GRAD } AB = (A \nabla) B + (B \nabla) A + A \times \text{ROTB} + B \times \text{ROTA} .$$

Применяя эту формулу к AV и помня, что дифференцирование по R производится при постоянном V , находим

$$\frac{\partial L}{\partial R} = \frac{e}{c} (V \nabla) A + \frac{e}{c} (V \times \text{ROTA}) - e \text{GRAD } \varphi .$$

Уравнения Лагранжа, следовательно, имеют вид:

$$\frac{d}{dt} \left(P + \frac{e}{c} A \right) = \frac{e}{c} (V \nabla) A + \frac{e}{c} (V \times \text{ROTA}) - e \text{GRAD } \varphi .$$

Но полный дифференциал $\frac{dA}{dt} dt$ складывается из двух частей: из изменения $\frac{dA}{dt} dt$ векторного потенциала со временем в данной точке пространства и из изменения при переходе из одной точки пространства к другой на расстояние dR . Эта вторая часть равна $(dRV)A$. Таким образом,

$$\frac{dA}{dt} = \frac{\partial A}{\partial t} + (V \nabla) A .$$

Подставляя это в предыдущее уравнение, получаем:

$$\frac{\partial P}{\partial t} = -\frac{e}{c} \frac{\partial A}{\partial t} - e \text{GRAD } \varphi + \frac{e}{c} (v \times \text{ROTA}) .$$

Это и есть уравнение движения частицы в поле. Слева стоит производная от импульса частицы по времени. Следовательно, выражение в правой части есть сила, действующая на заряд в поле. Мы видим, что эта сила состоит из двух частей. Первая часть не зависит от скорости частицы. Вторая же часть пропорциональна величине скорости и перпендикулярна к ней.

Силу первого рода, отнесенную к заряду, равному единице, обозначим посредством E .

Итак, по определению

$$E = -\frac{1}{c} \frac{\partial A}{\partial t} - \text{GRAD } \varphi .$$

Множитель при v/c в силе второго рода, действующей на единичный заряд, обозначим через H . Итак, по определению,

$$H = \text{ROT } A .$$

Уравнения движения заряда в поле можно теперь написать в виде

$$\frac{\partial P}{\partial t} = eE + \frac{E}{c} (V \times H) .$$

Стоящее справа выражение по форме совпадает с выражением лоренцевой силы. Первая часть ее не зависит от скорости заряда и

ориентирована по направлению поля E . Вторая часть пропорциональна скорости заряда и направлена перпендикулярно к этой скорости и направлению поля H .

Вычислим скорость изменения кинетической энергии частицы со временем, т.е. ее производную

$$\frac{d\varepsilon_{\text{кин}}}{dt} = \frac{d}{dt} \frac{mc^2}{\sqrt{1-v^2/c^2}}.$$

Легко убедиться, что

$$\frac{d\varepsilon_{\text{кин}}}{dt} = V \frac{\partial P}{\partial t};$$

подставив выражение $\frac{\partial P}{\partial t}$ и замечая, что $(V \times H) V = 0$ имеем:

$$\frac{d\varepsilon_{\text{кин}}}{dt} = eEV.$$

Выражение в правой стороне равенства есть работа, производимая полем над частицей в единицу времени. Работа производится только полем E . Поле H не производит работы над движущимся в нем зарядом, поскольку действующая в нем сила перпендикулярна к скорости частицы.

Легко видеть, что уравнения движения не меняются, если произвести замену:

$$t \rightarrow -t, E \rightarrow E, H \rightarrow -H.$$

При этом скалярный потенциал не меняется, а векторный меняет знак:

$$\varphi + \varphi, A \rightarrow -A.$$

Таким образом, если в поле возможно некоторое движение, то возможно и обратное движение в поле с обратным направлением H .

2.3. Тензор поля

Формулы, выражающие напряженности поля через его потенциалы, представлены в семимерных обозначениях и потому неудобны для выяснения закона преобразования этих величин при изменении системы отсчета.

Легко видеть, что совокупность всех компонент обоих семимерных векторов E и H может быть представлена как совокупность компонент антисимметрического 8-тензора поля:

$$F_{ik} = \frac{\partial A_k}{\partial x^i} - \frac{\partial A_i}{\partial x^k}.$$

Смысл отдельных компонент этого тензора можно выяснить, подставив значения $A_i = (\varphi_1 - A)$ в это выражение. Результат мож-

но записать в виде таблицы, в которой индекс $i = 0, 1, 2, \dots, 7$ нумерует строки, а индекс k – столбцы:

$$F_{ik} = \begin{bmatrix} 0 & E^1 & E^2 & E^3 & E^4 & E^5 & E^6 & E^7 \\ -E^1 & 0 & -H^3 & H^2 & -H^5 & H^4 & H^7 & -H^6 \\ -E^2 & H^3 & 0 & -H^1 & -H^6 & -H^7 & H^4 & H^5 \\ -E^3 & -H^2 & H^1 & 0 & -H^7 & H^6 & -H^5 & -H^4 \\ -E^4 & H^5 & H^6 & H^7 & 0 & -H^1 & -H^2 & -H^3 \\ -E^5 & -H^4 & H^7 & -H^6 & H^1 & 0 & H^3 & -H^2 \\ -E^6 & -H^7 & -H^4 & H^5 & H^2 & -H^3 & 0 & H^1 \\ -E^7 & H^6 & -H^5 & -H^4 & H^3 & H^2 & -H^1 & 0 \end{bmatrix}$$

Контравариантные компоненты того же тензора отличаются изменением знака при поднимании одного пространственного индекса.

Отметим, что уравнения движений заряда в поле записываются с помощью тензора F_{ik} в виде

$$\frac{dP^i}{ds} = \frac{e}{c} F_{ik} u_k .$$

Раскрывая выражения в обеих сторонах равенства с помощью семимерных обозначений и заменив $dS = c\sqrt{1 - v^2/c^2} dt$, легко убедиться в том, что при $t = 1, 2, \dots, 7$ мы получим семь компонент векторного уравнения

$$\frac{dP}{dt} = eE + \frac{e}{c} (\mathbf{v} \times \mathbf{H}) ,$$

а при $t = 0$ – уравнение работы

$$\frac{d\varepsilon_{\text{кин}}}{dt} = eEV .$$

Формулы преобразования полей E и H можно найти теперь в соответствии с общими правилами преобразования 8-тензоров. Компоненты 8-тензора второго ранга F^{ik} преобразуются как произведения координат $x^i x^k$. При преобразованиях координаты x^i и x^k $ik = 2, 3, \dots, 7$ не меняются, поэтому не меняются и компоненты

$$F^{ik} = F^{ik} .$$

Далее, по той же причине компоненты F^{0i} и F^{1i} преобразуются соответственно как координаты x^0 и x^1 :

$$F^{0i} = \frac{F'^{0i} + \frac{V}{c} F'^{1i}}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} , F^{1i} = \frac{F'^{1i} + \frac{V}{c} F'^{0i}}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} .$$

Наконец, компонента F^{0i} должна преобразовываться как произведение $x^0 x^1$, отсюда получилось бы

$$F^{01} = \frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}} \left(F'^{01} + \frac{v^2}{c^2} - F'^{10} + \frac{v}{c} (F'^{00} + F'^{01}) \right).$$

Но поскольку в данном случае F^{ik} антисимметричен, то $F'^{01} = -F'^{10}$ и потому

$$F^{01} = F'^{01}.$$

Выразив теперь компоненты тензора F^{ik} через компоненты полей E и H согласно тензора поля, получим следующие формулы преобразования поля E

$$\begin{aligned} E^1 &= E'^1, E^2 = \frac{E'^2 + \frac{V}{c} - H'^3}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, E^3 = \frac{E'^3 + \frac{V}{c} - H'^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, E^4 \\ &= \frac{E'^4 + \frac{V}{c} - H'^5}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \\ E^5 &= \frac{E'^5 + \frac{V}{c} - H'^4}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, E^6 = \frac{E'^6 + \frac{V}{c} - H'^7}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}, E^7 = \frac{E'^7 + \frac{V}{c} - H'^6}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \end{aligned}$$

и для поля H

$$\begin{aligned} H^1 &= H'^1, H^2 = \frac{H'^2 + \frac{V}{c} - E'^3}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, H^3 = \frac{H'^3 + \frac{V}{c} - E'^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, H^4 \\ &= \frac{H'^4 + \frac{V}{c} - E'^5}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \\ H^5 &= \frac{H'^5 + \frac{V}{c} - E'^4}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, H^6 = \frac{H'^6 + \frac{V}{c} - E'^7}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}, H^7 = \frac{H'^7 + \frac{V}{c} - E'^6}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}. \end{aligned}$$

Таким образом, поля E и H , как и большинство физических величин, относительны, т.е. их свойства различны в разных системах отсчета. В частности, поле E и поле H может быть равно нулю в одной системе, отсчета и в то же время присутствовать в другой системе.

Если в системе K' поле $H' = 0$, то между полями E и H в системе K существует соотношение

$$H = \frac{1}{c} (V \times E) .$$

Если же в K' поле $E' = 0$, то в системе K

$$H = -\frac{1}{c} (V \times E) .$$

В обоих случаях, следовательно, в системе K поля E и H взаимно перпендикулярны. Эти формулы имеют, разумеется и обратный смысл: если в некоторой системе отсчета K поля E и H взаимно перпендикулярны, то существует такая система K' , в которой имеют место поля E и H .

2.4. Инварианты поля

Из векторов напряженностей полей E и H можно составить инвариантные величины, остающиеся неизменными при преобразованиях от одной инерциальной семимерной системы отсчета к другой. Мы получим такую величину, образовав семимерный скаляр $F_{ik}F^{ik}$. Раскрыв его в семимерных обозначениях, найдем, что

$$F_{ik}F^{ik} = 2(3H^2 - E^2) .$$

Таким образом, одним из искомым инвариантов является величина

$$3H^2 - E^2 = INV .$$

Непосредственно проверкой легко убедиться, что при преобразованиях остается неизменной и сумма $E^1H^1 + E^2H^2 + \dots + E^7H^7$. Таким образом:

$$EH = INV .$$

Отметим некоторые следствия инвариантности этих выражений. Если в какой-либо системе отсчета поля E и H взаимно перпендикулярны ($EH = 0$), то они взаимно перпендикулярны и во всякой другой системе. Если $EH = 0$, то можно найти такую систему отсчета, в которой $E=0$ или $H=0$, т.е. поле чисто E или H . Обратно, если в какой-либо системе отсчета $E=0$ или $H=0$, то во всякой другой системе они будут взаимно перпендикулярны.

Исключением является случай, когда оба инварианта равны нулю.

2.5. Калибровочная инвариантность

Рассмотрим вопрос о том, насколько однозначно определены потенциалы поля. В уравнения движения входят не потенциалы, а напряженности поля E и H .

Заданием потенциалов A и φ величины E и H определяются однозначно. Однако одному и тому же полю могут соответствовать различные потенциалы. Чтобы убедиться в этом, прибавим к каждой компоненте 8-потенциала A_i величину $-\partial F/\partial X^i$, где F – произвольная функция от координат и времени. Тогда

$$A_i = A_i - \frac{\partial F}{\partial X^i}.$$

При такой замене в интеграле действия для частицы в поле появится дополнительный член, представляющий собой полный дифференциал

$$\frac{e}{c} - \frac{\partial F}{\partial X^i} dX^i = d\left(\frac{e}{c}F\right),$$

что не влияет на уравнения движения.

Если вместо восьмимерного потенциала ввести векторный и скалярный и вместо X^i – координаты ct, X^1, X^2, \dots, X^7 , то можно написать

$$A' = A + \text{GRAD } F \text{ и } \varphi' = \varphi - \frac{1}{c} \frac{\partial F}{\partial t}.$$

Легко убедиться в том, что поля E и H действительно не изменяются при использовании вместо A и φ новых потенциалов A' и φ' . Таким образом, рассмотренное преобразование потенциалов не изменяет поля. Потенциалы поэтому определены неоднозначно – векторный потенциал определен с точностью до градиента произвольной функции, а скалярный – с точностью до производной по времени от той же функции.

В частности, к векторному потенциалу можно прибавить любой постоянный вектор, а к скалярному потенциалу – любую постоянную. Физический смысл имеют лишь те величины, которые инвариантны по отношению к рассмотренному преобразованию потенциалов; поэтому и все уравнения должны быть инвариантны по отношению к этому преобразованию.

Описанная неоднозначность потенциалов дает всегда возможность выбрать их так, чтобы они удовлетворяли одному произвольному дополнительному условию, например, чтобы было $\varphi = 0$. Об-

ратить в нуль векторный потенциал невозможно, так как условие $A = 0$ представляет собой семь дополнительных условий.

2.6. Постоянное поле

Потенциалы векторного поля всегда можно выбрать так, чтобы они были функциями только от координат, но не от времени. При этом

$$E = -GRAD \varphi \text{ и } H = ROT A .$$

Таким образом, постоянное поле E определяется только скалярным потенциалом, а постоянное поле H – векторным потенциалом. Потенциалы поля определены неоднозначно. Но, если условиться описывать постоянное поле с помощью не зависящих от времени потенциалов, то к скалярному потенциалу можно прибавить, не изменяя поля, лишь произвольную постоянную (не зависящую ни от координат, ни от времени). Потенциалу φ соответствует еще дополнительное условие, например, чтобы он был равен нулю на бесконечности. Тогда и производная постоянная становится определенной, а скалярный потенциал постоянного поля – вполне однозначным. Напротив, векторный потенциал остается неоднозначным: к нему можно прибавить градиент любой функции координат.

Если поле постоянно, то и функция Лагранжа для заряда не зависит явно от времени. В этом случае энергия сохраняется, совпадая с функцией Гамильтона

$$\varepsilon = \frac{mc^2}{\sqrt{1-v^2/c^2}} + e\varphi .$$

Таким образом, к энергии свободной частицы прибавляется член $e\varphi$ – потенциальная энергия частицы в поле. Очевидно, энергия зависит только от скалярного, но не векторного потенциала. Другими словами, поле H не влияет на энергию зарядов; энергию частицы может изменить только поле E .

Если поле однородно, то напряженность поля во всех точках пространства одинакова. При этом, если $E = CONST$, то

$$\varphi = -ER .$$

Действительно, при $E = const$ имеем

$$GRAD (ER) = (EV)R = E .$$

Если же $H = const$, то

$$A = \frac{1}{6}(HR) .$$

Действительно, при $H = \mathbf{const}$, находим с помощью формул семимерного векторного анализа:

$$\mathbf{ROT} (H \times R) = H \mathbf{DIV} R - (H \nabla) R = 6H ,$$

т.к. $\mathbf{DIV} R = 7$.

Таким образом, уравнения динамики восьмимерного псевдоевклидового пространства-времени индекса семь обобщают уравнения динамики четырехмерного псевдоевклидового пространства-времени индекса три.

Глава 3. УРАВНЕНИЯ ПОЛЯ ВОСЬМИМЕРНОГО ПСЕВДОЕВКЛИДОВОГО ПРОСТРАНСТВА-ВРЕМЕНИ

3.1. Первая пара уравнений максвелла

Из семимерных выражений

$$Y = \mathbf{ROT} F, E = -\frac{1}{c} \frac{\partial A}{\partial t} \mathbf{GRAD} \varphi$$

легко получить уравнения, содержащие только E и H . Для этого определим $\mathbf{ROT} E$:

$$\mathbf{ROT} E = -\frac{1}{c} \frac{\partial}{\partial t} \mathbf{ROT} A - \mathbf{ROT} \mathbf{GRAD} \varphi .$$

Но ротор всякого градиента равен нулю, следовательно:

$$\mathbf{ROT} E = -\frac{1}{c} \frac{\partial H}{\partial t} .$$

Взяв дивергенцию от обеих частей уравнения $\mathbf{ROT} A = H$, и помня, что дивергенция всякого ротора равна, нулю, находим:

$$\mathbf{DIV} H = 0 .$$

Полученные уравнения совпадают по форме записи с первой парой уравнений Максвелла для трехмерного поля. Заметим, что эти два уравнения ещё не определяют вполне свойства поля. Это видно из того, что они определяют изменение поля H со временем (производную $\frac{\partial H}{\partial t}$), но не определяют производной $\frac{\partial E}{\partial t}$.

3.2. Действие для поля

Действие \mathbf{s} для системы, состоящей из поля вместе с находящимися в нем частицами, должно состоять из трех частей:

$$\mathbf{s} = \mathbf{s}_f + \mathbf{s}_m + \mathbf{s}_{mf} ,$$

где S_m есть та часть действия, которая зависит только от свойств частиц. Для одной свободной частицы оно задается формулой

$$S_m = -MC \int dS .$$

Если имеется несколько частиц, то их общее действие равно сумме действий для каждой частицы в отдельности. Таким образом,

$$S_m = -\Sigma MC \int dS ,$$

S_{mf} есть та часть действия, которая обусловлена взаимодействием между частицами и полем. Для системы частиц имеем:

$$S_{mf} = -\Sigma \frac{e}{c} \int A_i dX^i .$$

В каждом из членов этой суммы A_i есть 8-потенциал поля в той точке пространства и времени, в котором находится соответствующая частица. Сумма $S_m + S_{mf}$ есть действие для зарядов в поле.

Наконец, S_f есть та часть действия, которая зависит только от свойств самого поля, т.е. действие для поля в отсутствие зарядов. Для установления вида действия поля S_f мы будем исходить из принципа суперпозиции. Этот принцип заключается в утверждении, что поле, создаваемое системой зарядов, представляет собой результат простого сложения полей, которые создаются каждым из зарядов в отдельности. Это значит, что напряженности результирующего поля в каждой точке равны векторной сумме напряженностей каждого из полей в отдельности.

Как известно, линейные дифференциальные уравнения отличаются тем свойством, что сумма любых его решений тоже является решением. Следовательно, дифференциальные уравнения поля должны быть линейными уравнениями. Из сказанного следует, что под знаком интеграла в действии S_f должно стоять выражение, квадратичное по полю. Только в этом случае уравнения поля будут линейными,— уравнения поля получаются варьированием действия, а при варьировании степень подынтегрального выражения понижается на единицу.

В выражение для действия S_f не могут входить потенциалы поля, так как они не определены однозначно. Поэтому S_f должно быть интегралом некоторой функции от тензора поля F_{ik} . Но действие должно быть скаляром и потому должно быть интегралом от скаляра. Таковым является произведение $F_{ik}F^{ik}$.

Таким образом, S_f должно иметь вид:

$$s_f = B \iint F_{ik} F^{ik} dV dt, dV = dX^1, dX^2, \dots, dX^7,$$

где интеграл берется по координатам по всему пространству, а по времени – между двумя заданными моментами; A есть некоторая постоянная. Под интегралом стоит

$$F_{ik} F^{ik} = 2 (3H^2 - E^2).$$

Поле содержит производную $\partial A / \partial t$. Но легко видеть, что $(\partial A / \partial t)^2$ и E^2 – должно входить в действие с положительным знаком. В противном случае достаточно быстрым изменением потенциала со временем (в рассматриваемом интервале времени) всегда можно было бы сделать s_f отрицательной величиной со сколь угодно большим по абсолютной величине значением: s_f не могло бы, следовательно, иметь минимума, как этого требует принцип наименьшего действия. Таким образом, \mathbf{v} должно быть отрицательным.

Численное значение \mathbf{v} зависит от выбора единиц для измерения поля. В гауссовой системе единиц удобно выбрать \mathbf{v} безразмерной величиной, равной $\frac{1}{16\pi}$.

Таким образом, действие для поля имеет вид

$$s_f = -\frac{1}{16\pi} \int F_{ik} F^{ik} d\Omega, d\Omega = C dt dX^1, dX^2, \dots, dX^7.$$

Действие для поля вместе с находящимися в нем зарядами в результате имеет вид:

$$S = -\Sigma \int MC dS - \Sigma \int \frac{e}{c} A_i dX^i - \frac{1}{16\pi} \int F_{ik} F^{ik} d\Omega.$$

Заметим, что теперь уже заряды не должны считаться малыми. Поэтому A_i и F_{ik} относятся к истинному полю, т.е. внешнему полю вместе с полем, созданный самими зарядами; A_i и F_{ik} зависят теперь от положения и скоростей зарядов.

3.3. Восьмимерный вектор тока

Будем рассматривать заряды как распределенные в пространстве непрерывным образом. Тогда можно ввести плотность заряда ρ так, что ρdV есть заряд, находящийся в объеме dV ; ρ есть, вообще говоря, функция от координат и времени. Интеграл от ρ по некоторому объему есть заряд, находящийся в этом объеме.

Заряд частицы есть по самому своему определению, величина инвариантная, т.е. независимая от выбора системы отсчета. Напротив, плотность ρ не есть инвариант, – инвариантом является лишь

произведение $p dV$. Умножим равенство $de = p dV$ с обеих сторон на dX^i :

$$dedX^i = p dV dX^i = p dV dt \frac{dX^i}{dt}.$$

Слева стоит 8-вектор. Значит, и справа должен стоять 8-вектор. Но $dV dt$ есть скаляр, а потому $p \frac{dX^i}{dt}$ есть 8-вектор. Этот вектор назовем 8-вектором тока:

$$J^i = p \frac{dX^i}{dt}.$$

Семь пространственных компонент этого 8-вектора образуют семимерный вектор плотности тока

$$J = pV;$$

V – скорость заряд в данной точке. Временная составляющая 8-вектора тока есть вектор cp . Таким образом,

$$J^i = (cp, J).$$

Введем 8-вектор тока в выражение для действия S . Вводя вместо точечных зарядов направленное распределение с плотностью p , мы должны написать

$$S_{mf} = -\frac{1}{c} \int p A_i dX^i dV = -\frac{1}{c^2} \int A_i J^i d\Omega.$$

Таким образом, полное действие принимает вид

$$S = -\Sigma \int MC dS - \frac{1}{c^2} \int A_i J^i d\Omega - \frac{1}{16\pi} \int F_{ik} F^{ik} d\Omega.$$

3.4. Уравнение непрерывности

Изменение со временем заряда, находящегося в некотором семимерном объеме, дается производной

$$\frac{\partial}{\partial t} \int p dV.$$

С другой стороны, изменение за единицу времени определяется количеством заряда, выходящего за это время из данного объема наружу, или, наоборот, входящего внутрь его. Количество заряда, проходящего за единицу времени через элемент dF гиперповерхности ограничивающей наш объем, равно $pV dF$, где V – есть семимерная скорость заряда в той точке пространства, где находится элемент dF . Вектор dF направлен по внешней нормали к гиперповерхности, т.е. по нормали, направленной наружу от рассматриваемого объема. Поэтому $dV dF$ положительно, если заряд выхлтит из нашего объема, и отрицательно, если заряд входит в него. Полное количество заряда, выходящего за единицу времени из данного объ-

ема, есть, следовательно $\oint pVdF$, где интеграл распространен по всей замкнутой поверхности, ограничивающей данный объем.

Из сравнения обоих полученных выражений находим:

$$\frac{\partial}{\partial t} \int p dV = - \oint pVdF .$$

Справа поставлен знак минус, так как левая часть положительна, если полный заряд в данном объеме увеличивается. Это уравнение, выражающее собой закон сохранения заряда, совпадает по форме записи с уравнением непрерывности, написанного в интегральном виде. Применив к правой части теорему Гаусса семимерного векторного анализа:

$$\oint JdF = \int DIV JdV$$

находим:

$$\int (DIV J + \frac{\partial p}{\partial t}) dV = 0 .$$

Поскольку это равенство должно иметь место при интегрировании по любому объему, то подынтегральное выражение должно быть равно нулю:

$$DIV J + \frac{\partial p}{\partial t} = 0 .$$

Это и есть уравнение непрерывности в дифференцированном виде. В восьмимерной форме уравнение непрерывности выражается равенством нулю 8-дивергенции 8-вектора тока:

$$\frac{\partial J^i}{\partial X^i=c} .$$

3.5. Вторая пара уравнений Максвелла

При нахождении уравнения поля из принципа наименьшего действия мы должны считать заданным движение зарядов и должны варьировать лишь потенциалы поля, играющие здесь роль лишь обобщенных координат системы.

Согласно сказанному, вариация первого члена в выражении действия равна теперь нулю, а во втором не должен варьироваться ток J^i . Таким образом,

$$ds = -\frac{1}{c} \int \left(\frac{1}{c} J^i \varepsilon A_i + \frac{1}{8\pi} F^{ik} \delta F_{ik} \right) d\Omega = 0$$

(при варьировании во втором члене учтено, что $F^{ik} \delta F_{ik} = F_{ik} \delta F_{ik}$).

Подставляя в множителе δF_{ik}

$$F_{ik} = \frac{\partial A_k}{\partial X^i} - \frac{\partial A_i}{\partial X^k},$$

имеем:

$$\delta S = -\frac{1}{c} \int \left(\frac{1}{c} J^i \delta A_i + \frac{1}{8\pi} \left(F^{ik} \frac{\partial}{\partial X^i} \delta A_i - F^{ik} \frac{\partial}{\partial X^k} \delta A_i \right) \right) d\Omega.$$

Во втором члене меняем местами немые индексы i и k , а также заменяем F^{ik} и $-F^{ik}$. После этого второй и третий член оказываются одинаковыми, так что

$$\delta S = -\frac{1}{c} \int \left(\frac{1}{c} J^i \delta A_i - \frac{1}{4\pi} F^{ik} \frac{\partial}{\partial X^k} \delta A_i \right) d\Omega.$$

Далее написав

$$-\frac{1}{4\pi} F^{ik} \frac{\partial}{\partial X^k} \delta A_i = -\frac{1}{4\pi} \frac{\partial}{\partial X^k} (F^{ik} \delta A_i) + \frac{1}{4\pi} \delta A_i \frac{\partial F^{ik}}{\partial X^k}$$

и применив к интегралу от первого члена теорему Гаусса, получим

$$\delta S = -\frac{1}{c} \int \left(\frac{1}{c} J^i + \frac{1}{4\pi} \frac{\partial F^{ik}}{\partial X^k} \right) \delta A_i d\Omega + \frac{1}{4\pi c} \oint F^{ik} \delta A_i dS_k.$$

В последнем члене подразумевается его значение на пределах интегрирования. Пределами интегрирования по координатам является пространственная бесконечность, где поле исчезает. На пределах же интегрирования по времени, т.е. в заданные начальный и конечный моменты времени, вариация потенциалов равна нулю, так как по смыслу принципа наименьшего действия потенциалы в этот момент заданы. Таким образом, второй член равен нулю, и мы находим условия минимальности действия в виде

$$\int \left(\frac{1}{c} J^i + \frac{1}{4\pi} \frac{\partial F^{ik}}{\partial X^k} \right) \delta A_i d\Omega = 0.$$

Ввиду произвольности вариации δA_i отсюда следует равенство нулю выражения в скобках:

$$\frac{\partial F^{ik}}{\partial X^k} = \frac{4\pi}{c} J^i.$$

Перепишем эти восемь ($i = 0, 1, 2, \dots, 7$) уравнений в семимерной форме. При $i = 1$ имеем:

$$\frac{1}{c} \frac{\partial F^{10}}{\partial X} + \frac{\partial F^{11}}{\partial X^1} + \frac{\partial F^{12}}{\partial X^2} + \dots + \frac{\partial F^{17}}{\partial X^7} = -\frac{4\pi}{c} J^1.$$

Подставляя значение составляющих тензора, находим:

$$\frac{1}{c} \frac{\partial E^1}{\partial \varepsilon} - \frac{\partial H^3}{\partial X^2} + \dots - \frac{\partial H^6}{\partial X^7} = -\frac{4\pi}{c} J^1.$$

Вместе с шестью следующими ($i=2,3,\dots,7$) уравнениями они могут быть записаны как одно векторное:

$$ROT H = \frac{1}{c} \frac{\partial E}{\partial t} + \frac{4\pi}{c} J .$$

Наконец, выражение с $i = 0$ дает:

$$DIV E = 4\pi\rho .$$

Эти уравнения и составляют искомую пару уравнений Максвелла для поля рассматриваемого пространства. Вместе с первой парой, они вполне определяют их и являются основными уравнениями этих полей.

Напишем эти уравнения в интегральной форме. Применяя теорему Гаусса

$$\int DIV E dV = \oint E dF$$

ко второму из них, находим:

$$\oint E dV = 4\pi \int \rho dV .$$

Таким образом, поток поля через замкнутую поверхность равен полному заряду, находящемуся в объеме, ограниченному этой поверхностью, умноженному на 4π .

Применяя также теорему Стокса

$$\int ROT H dF = \oint H dl$$

к первому из них, находим:

$$\oint H dl = \frac{4\pi}{c} \int \left(J^i + \frac{4\pi}{c} \frac{\partial E}{\partial t} \right) dF ,$$

т.е. циркуляция поля H по некоторому контуру определяется суммой токов истинного и смещения, протекающих сквозь поверхность, ограничиваемую этим контуром.

Из второй пары уравнений Максвелла можно получить уравнение непрерывности. Беря с обеих сторон первого из них дивергенцию, находим:

$$DIV ROT H = \frac{1}{c} \frac{\partial}{\partial t} DIV E + \frac{4\pi}{c} DIV J .$$

Но дивергенция всякого ротора равна нулю и, следовательно,

$$DIV J + \frac{\partial}{\partial t} = 0 .$$

3.6. Плотность и поток энергии

Умножим первое из уравнений второй пары уравнений Максвелла скалярно на E , а первое из уравнений первой пары уравнений на H и сложим полученные уравнения почленно:

$$\frac{1}{c} E \frac{\partial E}{\partial t} + \frac{1}{c} H \frac{\partial H}{\partial t} = \frac{4\pi}{c} JE - (H ROT E - E ROT H) .$$

Пользуясь формулой семимерного векторного анализа

$$DIV (A \times B) = B \text{ ROTA} - A \text{ ROTB} ,$$

перепишем это соотношение в виде

$$\frac{1}{2C} \frac{\partial}{\partial t} (E^2 + H^2) = -\frac{4\pi}{c} JE - DIV (E \times H)$$

или

$$\frac{\partial}{\partial t} \frac{E^2 + H^2}{8\pi} = JE - DIVS .$$

Семимерный вектор

$$S = \frac{C}{4\pi} (E \times H)$$

совпадает по форме записи с вектором Пойнтинга. Проинтегрируем полученное уравнение по некоторому объему и применим ко второму члену справа теорему Гаусса. Мы получим тогда:

$$\frac{\partial}{\partial t} \int \frac{E^2 + H^2}{8\pi} dV = \int (JE) dV - \oint SdF .$$

Если интегрирование производится по всему пространству, то интеграл по поверхности исчезает, т.к. поле на бесконечности равно нулю, далее, мы можем написать интеграл $\int (JE) dV$ в виде суммы $\sum e(V E)$ по всем зарядам, находящимся в поле, и подставить

$$\frac{\partial \varepsilon_{\text{кин}}}{\partial t} = e(V E) .$$

Тогда

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(\int \frac{E^2 + H^2}{8\pi} dV + \sum \varepsilon_{\text{кин}} \right) = 0 .$$

Таким образом, для замкнутой системы, состоящей из поля вместе с находящимися в нем частицами, сохраняется величина, стоящая в написанном уравнении в скобках. Второй член в этом выражении есть кинетическая энергия вместе с энергией поля всех частиц, первый же член есть, следовательно, энергия самого поля. Величина

$$w = \frac{E^2 + H^2}{8\pi}$$

является поэтому плотностью энергии поля; это есть энергия единицы объема поля.

При интегрировании по некоторому конечному объему поверхностный интеграл, вообще говоря, не исчезает, так что мы можем написать

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(\int \frac{E^2 + H^2}{8\pi} dV + \sum \varepsilon_{\text{кин}} \right) = - \oint SdF ,$$

где теперь во втором члене в скобках суммирование производится только по частицам, находящимся в рассматриваемом объеме. Слева стоит изменение полной энергии поля и частиц в единицу времени. Поэтому интеграл $\oint SdF$ надо рассматривать как поток энергий поля через гиперповерхность, ограничивающую данный объем, так что вектор s есть плотность этого потока, — количество энергии поля, протекающее в единицу времени через единицу поверхности.

3.7. Плотность импульса

Наряду с энергией поле обладает также и импульсом, распределенным в пространстве с определенной плотностью. Вычислим производную по времени от интеграла

$$\int \frac{1}{4\pi c} (E \times H) dV .$$

Производя дифференцирование под знаком интеграла и заменяя производные $\frac{\partial E}{\partial t}$ и $\frac{\partial H}{\partial t}$ согласно уравнениям Максвелла, получим:

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} \int \frac{E \times H}{4\pi c} dV &= \frac{1}{4\pi c} \int \left(E \times \frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial E}{\partial t} \times H \right) dV = \\ &= \frac{1}{4\pi} \int (E \times \text{ROTE} + H \times \text{ROTH} + \frac{4\pi}{c} (J \times H)) dV . \end{aligned}$$

В первом интеграле преобразуем подынтегральное выражение с помощью формулы семимерного векторного анализа

$$\nabla(AE)A \times \text{ROTB} + B \times \text{ROTA} + (A\nabla) + (B\nabla)A$$

согласно которой имеем:

$$E \times \text{ROTE} = \frac{2}{2} \nabla E^2 - (E\nabla)E .$$

Кроме того, заменим:

$$(E\nabla)E = (\nabla E)E - E(\nabla E),$$

где в члене $(\nabla E)E$ подразумевается, что оператор ∇ действует на оба следующие за ним множителя. Наконец, заметив, что согласно уравнению Максвелла $\nabla E = \text{DIVE} = 4\pi r$, пишем:

$$E \times \text{ROT} E = \frac{1}{2} \nabla E^2 - (\nabla E)E + 4\pi r E .$$

Аналогичным образом преобразуется произведение $H \times \text{ROTH}$, но поскольку $\text{DIV}H = 0$, то

$$H \times \text{ROT} H = \frac{1}{2} \nabla H^2 - (\nabla H)H .$$

Таким образом,

$$\begin{aligned}
& \frac{\partial}{\partial t} \int \frac{\mathbf{E} \times \mathbf{H}}{4\pi c} dV \\
&= -\frac{1}{4\pi} \int (\nabla \frac{E^2 + H^2}{2} (\nabla E)E - (\nabla H)H) dV \\
&= \int (pE + \frac{1}{c} (J \times H)) dV.
\end{aligned}$$

В первом интеграле в подынтегральном выражении операторы ∇ действуют на все стоящие после них множители. Согласно общей формулировке теоремы Гаусса, этот интеграл преобразуется в интеграл по поверхности $d\mathbf{F}$. Во втором интеграле, в котором фигурируют плотность и ток зарядов, расположенным внутри данного объема. В результате имеем:

$$\begin{aligned}
\frac{\partial}{\partial t} \int \frac{\mathbf{E} \times \mathbf{H}}{4\pi c} dV &= -\oint \frac{1}{4\pi} (\frac{E^2 + H^2}{2} df - E(E d\mathbf{F}) - H(H d\mathbf{F})) = \\
& \quad \sum e (E + \frac{1}{c} (V \times H)).
\end{aligned}$$

Если интегрирование производится по всему пространству, то интеграл по поверхности (бесконечно удаленной) обращается в нуль. Согласно уравнению движения, ее можно заменить производной $\frac{dP}{dt}$ от импульса частицы. Тогда последнее равенство можно представить в виде:

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(\int \frac{\mathbf{E} \times \mathbf{H}}{4\pi c} dV + \sum P \right) = 0.$$

Оно выражает собой, очевидно, закон сохранения полного импульса системы частиц и поля. Первый член в фигурных скобках, есть, следовательно, импульс поля, а подынтегральное выражение в нем можно рассматривать как плотность импульса

$$p = \frac{\mathbf{E} \times \mathbf{H}}{4\pi c} = \frac{\mathbf{S}}{c^2}.$$

Обратим внимание на то, что плотность импульса совпадает (с точностью до постоянного множителя $\frac{1}{c^2}$) с плотностью потока энергии поля.

ГЛАВА 4. ПОСТОЯННОЕ ПОЛЕ И ВОЛНЫ В ВОСЬМИМЕРНОМ ПСЕВДОЕВКЛИДОВОМ ПРОСТРАНСТВЕ-ВРЕМЕНИ

4.1. Аналог закона кулона

Для постоянного поля \mathbf{E} в восьмимерном псевдоевклидовом пространстве-времени уравнения Максвелла имеют вид:

$$DIVE = 4\pi\rho, ROT\mathbf{E} = 0.$$

Поле \mathbf{E} выражается через один только скалярный потенциал соотношением

$$\mathbf{E} = -GRAD\varphi.$$

Следовательно,

$$DIV GRAD\varphi = \nabla\nabla\varphi = \Delta\varphi = -4\pi\rho.$$

В пустоте, т.е. при $\rho = 0$, потенциал удовлетворяет уравнению Лапласа

$$\Delta\varphi = 0.$$

Из последнего уравнения следует, в частности, что потенциал поля нигде не может иметь ни минимума, ни максимума. Действительно, для того чтобы φ имело экстремальное значение, необходимо, чтобы все первые производные от φ по координатам были равны нулю, а вторые производные имели одинаковый знак. Последнее, однако, невозможно, так как при этом не может быть удовлетворено уравнение Лапласа.

Определим теперь поле, создаваемое точечным зарядом e . Из соображения симметрии ясно, что оно будет направлено в каждой точке по радиусу-вектору, проведенному из точки, в которой находится заряд. Из тех же соображений ясно, что абсолютная величина \mathbf{E} поля будет зависеть только от расстояния \mathbf{R} до заряда. Поток поля \mathbf{E} через шаровую поверхность с радиусом \mathbf{R} , проведенную вокруг заряда e , равен $4\pi\mathbf{R}^6\mathbf{E}$ и равен $4\pi e$. Отсюда находим:

$$E = \frac{e}{R^6}.$$

В векторном виде

$$\mathbf{E} = \frac{e\mathbf{R}}{R^7}.$$

Таким образом, поле, создаваемое точечным зарядом, обратно пропорционально шестой степени расстояния до него.

Потенциал этого поля

$$\varphi = \frac{e}{R^5}.$$

Если имеем систему зарядов, то создаваемое ею поле, согласно принципу суперпозиции, равно сумме полей, создаваемых каждым из зарядов в отдельности. Потенциал такого поля равен

$$\varphi = \sum_a \frac{e_a}{R_a^5},$$

где R_a – расстояние от заряда e_a до точки, в которой мы ищем потенциал. Если ввести плотность заряда p , то эта формула приобретает вид

$$\varphi = \int \frac{p}{R^5} dV$$

где R – расстояние от элемента объема dV до данной точки поля.

Отметим здесь математическое соотношение, получающееся при использовании значений p и φ для точечного заряда, когда

$$p = e\delta(R) \text{ и } \varphi = \frac{e}{R^5}.$$

Мы находим тогда:

$$\Delta \frac{1}{R^5} = -4\pi\delta(R).$$

4.2. Статическая энергия зарядов

Определим потенциальную энергию системы зарядов, при этом будем исходить из выражения для плотности энергии поля. Именно энергия системы зарядов будет равна

$$u = \frac{1}{8\pi} \int E^2 dV,$$

где E – есть поле, создаваемое этими зарядами, а интеграл берется по всему семимерному пространству. Подставляя сюда $E = -GRAD\varphi$, можно преобразовать u следующим образом:

$$u = \frac{1}{8\pi} \int (E GRAD\varphi) dV = -\frac{1}{8\pi} \int DIV (E\varphi) dV + \frac{1}{8\pi} \int \varphi DIVE dV.$$

Первый из этих интегралов согласно теореме Гаусса равен интегралу от $E\varphi$ по поверхности, ограничивающей объем интегрирования; но поскольку интегрирование производится по всему пространству, а на бесконечности поле равно нулю, то этот интеграл исчезает. Подставляя во второй интеграл

$DIVE = 4\pi p$, находим следующее выражение для энергии системы зарядов:

$$u = \frac{1}{2} \int p\varphi dV .$$

Подставляя во второй интеграл $DIVE = 4\pi p$, находим следующее выражение для энергии системы зарядов:

$$u = \frac{1}{2} \sum p_a V ,$$

где φ_a потенциал поля, создаваемого всеми зарядами в точке, где находится заряд e_a .

Потенциалы φ_a соответственно равны

$$\varphi_a = \sum \frac{e_a}{R_{ab}^5} ,$$

где R_{ab} расстояние между зарядами e_a и e_b .

Для системы точечных зарядов это выражение содержит бесконечный член, происходящий от потенциала собственного поля заряда e (член суммы с $b = a$, в котором $R_{ab} = 0$). Соответственно, в энергии появляется бесконечная постоянная, не зависящая от взаимного расположения зарядов. Эта часть энергии должна быть вычеркнута. После этого останется лишь энергия взаимодействия зарядов, зависящая от их расположения. Она равна

$$u' = \frac{1}{2} \sum e_a \varphi'_a ,$$

где

$$\varphi'_a = \sum_{b \neq a} \frac{e_b}{R_{ba}^5}$$

есть потенциал в точке нахождения e_a , создаваемый всеми зарядами, за исключением e_a . Иначе можно написать:

$$u' = \frac{1}{2} \sum_{b \neq a} \frac{e_a e_b}{R_{ba}^5} .$$

В частности, энергия взаимодействия двух зарядов

$$u' = \frac{e_1 e_2}{R_{12}^5} .$$

4.3 Постоянное поле H

Рассмотрим семимерное поле H , создаваемое зарядами, совершающими финитное движение, при котором частицы остаются все время в конечной области пространства, причем импульсы остаются всегда конечными. Такое движение имеет стационарный характер, и представляет интерес рассмотреть среднее (по времени) поле

\mathbf{H} , создаваемое зарядами: это поле будет теперь функцией только от координат, но не от времени, будет постоянным.

Для того, чтобы найти уравнения, определяющие среднее поле \mathbf{H} , усредним по времени уравнение Максвелла

$$DIV \mathbf{H} = 0, ROT \mathbf{H} = \frac{1}{c} \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} + \frac{4\pi}{c} \mathbf{J}.$$

Первое из них дает просто

$$DIV \bar{\mathbf{H}} = 0.$$

Во втором уравнении среднее значение производной $\frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t}$, как и вообще производной от всякой величины, меняющейся в конечном интервале, равно нулю. Поэтому второе уравнение Максвелла приобретает вид

$$ROT \bar{\mathbf{H}} = \frac{4\pi}{c} \bar{\mathbf{J}}.$$

Эта два уравнения и определяют постоянное поле \mathbf{H} . Введем средний векторный потенциал $\bar{\mathbf{A}}$ согласно

$$ROT \bar{\mathbf{A}} = \bar{\mathbf{H}}.$$

Подставив это предыдущее уравнение, получим:

$$GRAD DIV \bar{\mathbf{A}} - \Delta \bar{\mathbf{A}} = \frac{4\pi}{c} \bar{\mathbf{J}}.$$

Но мы знаем, что векторный потенциал поля определен неоднозначно и поэтому на него можно наложить дополнительное условие. На этом основании выберем потенциал $\bar{\mathbf{A}}$ так, чтобы

$$DIV \bar{\mathbf{A}} = 0.$$

Тогда уравнение, определяющее векторный потенциал постоянного поля $\bar{\mathbf{H}}$, принимает вид

$$\Delta \bar{\mathbf{A}} = \frac{4\pi}{c} \bar{\mathbf{J}}.$$

Решение этого уравнения легко найти, заметив, что оно аналогично уравнению Пуассона для скалярного потенциала постоянного поля \mathbf{E} , причем вместо плотности заряда φ стоит плотность тока \mathbf{J}/c . По аналогии с решением уравнения Пуассона мы можем написать

$$\bar{\mathbf{A}} = \frac{1}{c} \int \frac{\bar{\mathbf{J}}}{R^5} dV,$$

где \mathbf{R} – расстояние от точки наблюдения поля до элемента объема.

Зная $\bar{\mathbf{A}}$, можно найти напряженность поля $\bar{\mathbf{H}}$

$$\bar{\mathbf{H}} = ROT \bar{\mathbf{A}} = ROT \frac{1}{c} \frac{\bar{\mathbf{J}}}{R^5} dV.$$

Операция **ROT** производится по координатам точки наблюдения. Поэтому rot можно перенести под знак интеграла и при дифференцировании считать **J** постоянным. Применяя формулу

$$ROT(FA) = F ROTA + GRAD F \times A ,$$

где **F** и **A** – любые скаляр и вектор, произведению **J** и $\frac{1}{R^5}$ находим:

$$ROT \frac{J}{R^5} = GRAD \frac{1}{R^5} \times \bar{J} = \frac{\bar{J} \times R}{R^7} ,$$

и, следовательно,

$$H = \frac{1}{c} \int \frac{\bar{J} \times R}{R^7} dV ,$$

что является аналогом закона Био и Савара.

4.4. Волновое уравнение

Поле в пустоте определяется уравнениями Максвелла, в которых надо положить $\mathbf{p} = \mathbf{0}, \mathbf{J} = 0$. Выпишем их еще раз:

$$ROTE = -\frac{1}{c} \frac{\partial \mathbf{H}}{\partial t}, \text{DIVH} = 0,$$

$$ROTE = \frac{1}{c} \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t}, \text{DIVE} = 0.$$

Эти уравнения могут иметь отличные от нуля решения. Это значит, что поле может существовать даже при отсутствии каких бы то ни было зарядов.

Прежде всего отметим, что эти поля обязательно должны быть переменными. Действительно, в противном случае $\frac{\partial \mathbf{H}}{\partial t} = \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} = \mathbf{0}$ и уравнения Максвелла переходят в уравнения постоянного поля, в которых, однако, теперь $\mathbf{p} = 0$ и $\mathbf{J} = \mathbf{0}$. Но решения этих уравнений при этом обращаются в нуль.

Введем уравнения, определяющие потенциалы волн. В силу неоднозначности потенциалов всегда можно наложить на них некоторое дополнительное условие. Выберем потенциалы волн так, чтобы скалярный потенциал был равен нулю:

$$\varphi = 0 .$$

Тогда

$$E = -\frac{1}{c} \frac{\partial A}{\partial t}, H = ROTA .$$

Подставляя эти выражения в первое из уравнений второй пары уравнений Максвелла, находим:

$$ROT\ ROT A = GRAD\ DIV A = \Delta A = -\frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 A}{\partial t^2}.$$

Несмотря на то, что мы уже наложили одно дополнительное условие на потенциалы, потенциал A все еще не вполне однозначен. Именно, к нему можно прибавить градиент любой не зависящей от времени функции (не меняя при этом φ). В частности, можно выбрать потенциал волны таким образом, чтобы

$$DIV A = 0.$$

Действительно,

$$DIV \frac{\partial A}{\partial t} = \frac{\varepsilon}{\partial t} DIV A = 0.$$

Т.е. $DIV A$ есть функция от координат. Эту функцию всегда можно обратить в нуль прибавлением к A градиента от соответствующей не зависящей от времени функции.

Тогда

$$\Delta A - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 A}{\partial t^2} = 0.$$

Это и есть уравнение, определяющее потенциал волн. Применяя к нему операции ROT и $\frac{\partial}{\partial t}$ убедимся в том, что напряженности E и H удовлетворяют таким же волновым уравнениям.

4.5. Плоские волны

Рассмотрим частный случай волн, когда поле зависит только от одной координаты, скажем X^i $i = 1, 2, \dots, 7$ (и от времени). В этом случае уравнения поля принимают вид

$$\frac{\partial^2 F}{\partial t^2} - c^2 \frac{\partial^2 F}{\partial X^2} = 0,$$

где под F подразумевается любая компонента векторов E или H . Для решения этого уравнения перепишем его в виде

$$\left(\frac{\partial}{\partial t} - c \frac{\partial}{\partial X^i} \right) \left(\frac{\partial}{\partial t} + c \frac{\partial}{\partial X^i} \right) F = 0$$

и введем новые переменные

$$\xi = t - \frac{X^i}{c}, \eta = t + \frac{X^i}{c}.$$

Так что

$$t = \frac{1}{2}(\eta + \xi), X^i = \frac{c}{2}(\eta - \xi).$$

Тогда

$$\frac{\partial}{\partial \xi} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial}{\partial t} - c \frac{\partial}{\partial X^i} \right), \frac{\partial}{\partial \eta} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial}{\partial t} + c \frac{\partial}{\partial X^i} \right).$$

И уравнение для F :

$$\frac{\partial^2 F}{\partial \xi \partial \eta} = 0.$$

Очевидно, что его решение имеет вид

$$F = F_1(\xi) + F_2(\eta),$$

где F_1 и F_2 произвольные функции. Таким образом,

$$F = F_1\left(t - \frac{x^i}{c}\right) + F_2\left(t + \frac{x^i}{c}\right).$$

Пусть, например, $F_2 = 0$, так что $F = F_1\left(t - \frac{x^i}{c}\right)$. Выясним смысл этого решения. В каждой плоскости $X^i = \text{const}$ поле меняется со временем; в каждый момент времени поле различно для разных X^i . Очевидно, что поле имеет одинаковое значение для координат X^i и моментов времени, удовлетворяющих соотношениям

$$t - \frac{X^i}{c} = \text{CONST}, \text{ т. е. } X^i = \text{CONST} + Ct.$$

Это значит, что если в некоторый момент $t=0$ в некоторой точке X^i пространства поле имело определенное значение, то через промежуток времени t то же самое значение поле имеет на расстоянии ct вдоль оси X^i от первоначального места. Мы можем сказать, что все значения поля распространяются в пространстве вдоль оси X^i со скоростью, равной скорости света.

Таким образом, $F_1\left(t - \frac{x^i}{c}\right)$ представляет собой плоскую волну, бегущую в противоположном, отрицательном направлении, оси X^i .

Потенциалы волны можно выбрать так, чтобы $\varphi = 0$, причем $\text{DIV} A = 0$. Условие $\text{DIV} A = 0$ дает в этом случае

$$\frac{\partial A^i}{\partial x^i} = 0.$$

Согласно волнового уравнения будем иметь тогда и $\frac{\partial^2 A^i}{\partial t^2} = 0$, т.е. $\frac{\partial A^i}{\partial t} = \text{const}$. Но производная $\frac{\partial A^i}{\partial t}$ определяет поле E и мы видим, что отличная от нуля компонента A^i означала бы в рассматриваемом случае наличие продольного постоянного поля E . Поскольку такое поле не имеет отношения к волне, то можно положить $A^i = 0$.

Таким образом, векторный потенциал плоской волны может быть выбран перпендикулярным к оси X^i , т.е. к направлению распространения этой волны.

Рассмотрим плоскую волну, бегущую в положительном направлении X^i : в такой волне все величины, в частности и A , являются функциями только от $t - X^i/c$ из формул

$$E = -\frac{1}{c} \frac{\partial A}{\partial t}, \quad H = \text{ROTA}$$

мы находим поэтому:

$$E = -\frac{1}{c} A', \quad H = \nabla \times A = \nabla \left(t - \frac{X^i}{c} \right) \times A' = -\frac{1}{c} (N \times A'),$$

где штрих означает дифференцирование по $t - \frac{X^i}{c}$, а N – единичный вектор вдоль направления распространения волны. Подставляя первое равенство во второе, находим:

$$H = N \times E.$$

Мы видим, что поля E и H плоской волны перпендикулярны друг другу и одинаковы по абсолютной величине. Поток энергии в плоской волне:

$$S = \frac{c}{4\pi} E \times H = \frac{c}{4\pi} E (N \times E) = \frac{c}{4\pi} E^2 N = \frac{c}{4\pi} H^2 N.$$

Таким образом, поток энергии в плоской волне направлен вдоль направления распространения волны. Поскольку плотность энергии волны

$$W = \frac{1}{8\pi} (E^2 + H^2) = \frac{E^2}{4\pi}$$

то можно написать

$$S = cWN.$$

Импульс единицы объема поля есть s/c^2 . Для плоской волны это дает

$$P = \frac{W}{c} - N.$$

Литература

Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Краткий курс теоретической физики. Кн.1. Механика. Электродинамика. – М.: Наука.1969.–272 с.

©КОРОТКОВ А.В., КОРОТКОВ В.А., 2014
ТЕОРИЯ ГРАВИТАЦИОННО-ГИРОСКОПНОГО ПОЛЯ*

введение

Необходимость построения теории полей, включающих в себя теорию гравитационных явлений, каждый раз возвращает нас к теории тяготения Ньютона, которую до сих пор не смогли сколь-нибудь существенно обобщить, несмотря на многочисленные попытки, определенные успехи и почтенный возраст учения. При этом выявлены некоторые вопросы, которые не вписываются в его рамки. Во -первых, если планеты в поле тяготения Солнца уравновешены лишь центробежной силой, то почему бы им не иметь обратное направление орбитальной скорости и не устроить разнонаправленный хоровод планет? Во- вторых, какова физическая сущность центробежных сил? Наконец, какова величина между движущимися гравитирующими массами? Имеется ли элементарная гравитирующая масса? Список вопросов, оставшихся без надлежащего ответа, можно продолжить.

Понятен в связи с этим неослабевающий интерес к построению более полных теорий гравитационных сил, нежели теория. Ньютона и к экспериментам в этой области знаний. При этом выявляется зависимость гравитационных явлений от тепловых взаимодействий и гироскопических эффектов.

Анализ явления в области макро и микромира, требующих рассмотрения в связи с гравитационными явлениями, приводит к выводу о том, что к таковым явлениям должны быть отнесены в первую очередь тепловые явления. Действительно, все наблюдаемые тела, планеты и звезды нагреты. Поэтому гравитационные явления не следовало бы рассматривать вне связи с тепловыми. Кроме того, все наблюдаемые тела, планеты и звезды находятся в непрерывном и прежде всего вращательном движении. Поэтому гравитационные явления не следовало бы рассматривать также вне связи с гироскопическими явлениями.

* Текст печатается по изданию: Коротков А.В., Коротков В.А. Теория гравитационно-гироскопного поля. – Новочеркасск: НПИ, 1991.— 43с.— С разрешения авторов.

Мы попытаемся построить теорию гравитационного поля, определяемого такими явлениями. Мы будем исходить из того положения, что в рамках восьмимерного пространства-времени семи-мерное поле определяется как совокупность семи однотипных по конфигурации трехмерных полей, одним из которых является электромагнитное поле [1]. Таким образом, теория гравитационногироскопного поля также может строиться в рамках четырехмерного псевдоевклидового пространства-времени Минковского, а само поле должно определяться гравитационными зарядами – массой тел и векторным потенциалом.

Данные опытов по измерению температуры поверхности планет солнечной системы [2] приводят нас к установлению важного факта. Оказывается, что эффективная температура T_i поверхности i – ой планеты определяется расстоянием R_i от планеты до центра солнечной системы так, что

$$T_i^2 R_i = CONST$$

для всех планет солнечной системы.

Трудно при этом не вспомнить аналогичное соотношение ньютоновской теории тяготения

$$V_i^2 R_i = CONST,$$

где в роли V_i выступает орбитальная скорость планет солнечной системы.

Квадрат эффективной температуры поверхности планет солнечной системы оказывается пропорциональным квадрату орбитальной скорости планеты и связан с ней соотношением

$$B^2 T_i^2 = V_i^2,$$

где константа связи $B \approx 1,06 \times 10^2 \text{ МС}^{-1} \text{ К}^{-1}$.

Это соотношение указывает на неразрывную связь понятий эффективной температуры и орбитальной скорости планеты как составляющих одного и того же четырехмерного вектора – 4-потенциала ГРАВИТАЦИОННОгироскопного поля $\gamma^i = (BT, \gamma)$ в псевдоевклидовом пространстве-времени Минковского. Оно определяет исключительную зависимость гравитационных явлений от скалярного потенциала T и векторного потенциала γ гравитационногироскопного поля.

В рамках представления о гравитационногироскопном поле необходимо ввести понятие элементарного гравитационного заряда – наименьшей величины

массы тела. Мы теперь располагаем возможностями ее вычисления как величины

$$M_\nu = \frac{K}{cB},$$

где M_ν – элементарная масса,

K – постоянная Больцмана,

c – скорость света.

B – введенная нами константа связи.

Вычисления дают

$$M_\nu = 4.344 \times 10^{-34} \text{ кг} = \frac{M_e}{2.097 \times 10^3},$$

где M_e – масса электрона.

Она совпадает с экспериментальными данными по определению массы нейтрино. В таком случае элементарной гравитационной массой является масса нейтрино, а масса нейтрино с константой связи B приобретают статус фундаментальных констант.

ГЛАВА 1

ЗАРЯД В ГРАВИТАЦИОННОГИРОСКОПНОМ ПОЛЕ ЧЕТЫРЕХМЕРНОГО ПСЕВДОЕВКЛИДОВОГО ПРОСТРАНСТВА-ВРЕМЕНИ

1.1. ЧЕТЫРЕХМЕРНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ГРАВИТАЦИОННОГИРОСКОПНОГО ПОЛЯ

Силы, действующие в данный момент на частицу, не определяются их расположением в этот момент. Изменение положения одной из них отражается на других частицах спустя некоторый промежуток времени. Это значит, что взаимодействие частиц друг с другом осуществляется с помощью силового поля, причем поле само по себе становится физической реальностью. Мы не можем говорить о непосредственном взаимодействии частиц, находящихся на расстоянии друг от друга. Взаимодействие может происходить в каждый момент времени лишь между соседними точками пространства. Поэтому мы должны говорить о взаимодействии одной частицы с полем и о последующем взаимодействии поля с другой частицей.

Действие для частицы, движущейся в заданном поле, складывается из двух частей: из действия свободной частицы и из дейст-

вия, определяющего взаимодействие частицы с полем. Последнее должно содержать как величины, характеризующие частицу, так и величины, характеризующие поле.

Будем считать, что свойства частицы в отношении ее взаимодействия с полем определяются всего одним параметром – зарядом частицы M (ее массой), а свойства поля – 4 - потенциалом γ_i , компоненты которого являются функциями координат и времени. Эти величины входят в действие в виде члена

$$S_{MF} = M \int_a^b \gamma_i dX^i.$$

Таким образом, действие для заряда в гравитационно-гироскопном поле имеет вид

$$S = S_M + S_{MF} = \int_a^b (-MCdS + M\gamma_i dX^i).$$

Три пространственные компоненты 4-вектора γ^i образуют векторный потенциал поля γ , а временная компонента – скалярный потенциал $\gamma^0 = BT$ так, что $\gamma^i = (BT, \gamma)$. Поэтому интеграл действия можно записать в виде

$$S = \int_a^b (-MCdS - M\gamma dR + MCBT dt).$$

Или, вводя скорость частицы $V = dR/dt$ и переходя к интегрированию по времени,

$$S = \int_{t_1}^{t_2} (-MC^2 \sqrt{1 - \frac{V^2}{C^2}} - M\gamma V + MCBT) dt.$$

Подынтегральное выражение есть функция Лагранжа для заряда в гравитационногироскопном ПОЛЕ:

$$L = -MC^2 \sqrt{1 - \frac{V^2}{C^2}} - M\gamma V + MCBT.$$

Это выражение отличается от функции Лагранжа для свободной частицы членами $-M\gamma V + MCBT$, которые описывают взаимодействие заряда с полем. Производная $\partial L/\partial V$ есть обобщенный импульс частицы

$$P = \frac{MV}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} - M\gamma = P - M\gamma,$$

где P – импульс свободной частицы.

Из функции Лагранжа можно найти функцию Гамильтона частицы в поле в виде

$$\varepsilon = V \frac{\partial L}{\partial V} - L = \frac{MC^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - MCVT,$$

а также соотношение между энергией и импульсом частицы в поле

$$\left(\frac{\varepsilon + MCVT}{c} \right)^2 - (P + M\gamma)^2 = (MC)^2.$$

Для малых скоростей, т.е. в классической механике, функция Лагранжа переходит в

$$L = \frac{MV^2}{2} - M\gamma V + MCVT.$$

В этом приближении

$$P = MV = p + M\gamma$$

и мы находим следующее выражение для функции Гамильтона:

$$\varepsilon = \frac{1}{2M} (p + M\gamma)^2 - MCVT.$$

Наконец, выпишем уравнение Гамильтона-Якоби для частицы в гравитационногироскопном поле. Оно получается заменой в функции Гамильтона обобщенного импульса p на $\partial S / \partial R$, а самого ε на $\partial S / \partial t$.

Таким образом, получим

$$\frac{1}{c^2} \left(\frac{\partial S}{\partial t} - MCVT \right)^2 - (GRADS + M\gamma)^2 = (MC)^2.$$

1.2. УРАВНЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ ЗАРЯДА В ГРАВИТАЦИОННОГИРОСКОПНОМ ПОЛЕ

Заряд, находящийся в поле, не только подвергается воздействию со стороны поля, но в свою очередь сам влияет на поле, изменяя его. Однако, если заряд M не велик, то его действием на поле можно пренебречь. В этом случае, рассматривая движение в заданном поле, можно считать, что само поле не зависит ни от положения, ни от скорости заряда.

Уравнения движения заряда в заданном поле даются уравнениями Лагранжа

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial V} = \frac{\partial L}{\partial R}.$$

Производная $\frac{\partial L}{\partial V}$ есть обобщенный импульс частицы, т.е.

$$\frac{\partial L}{\partial V} = -M \text{GRAD } \gamma V + MCB \text{GRAD } T.$$

Но по известной формуле векторного анализа

$$\text{GRAD } \mathbf{AB} = (\mathbf{A}\nabla)\mathbf{B} + (\mathbf{B}\nabla)\mathbf{A} + \mathbf{A} \times \text{ROT } \mathbf{B} + \mathbf{B} \times \text{ROT } \mathbf{A}.$$

Применяя эту формулу к γV и помня, что дифференцирование по R производится при постоянном V , находим

$$\frac{\partial L}{\partial R} = -M (V\nabla)\gamma - M(V \times \text{ROT } \gamma) + MCB \text{GRAD } T.$$

Уравнения Лагранжа, следовательно, имеют вид:

$$\frac{d}{dt}(\mathbf{P} - M\boldsymbol{\gamma}) = -M (V\nabla)\boldsymbol{\gamma} - M(V \times \text{ROT } \boldsymbol{\gamma}) + MCB \text{GRAD } T.$$

Но **полный** дифференциал $d\boldsymbol{\gamma}$ складывается из двух частей: из изменения $\frac{\partial \boldsymbol{\gamma}}{\partial t} dt$ векторного потенциала со временем в данной точке пространства и из изменения при переходе от одной точки пространства к другой на расстояние $d\mathbf{R}$. Эта вторая часть равна $(d\mathbf{R}\nabla)\boldsymbol{\gamma}$.

Таким образом,

$$\frac{d\boldsymbol{\gamma}}{dt} = \frac{\partial \boldsymbol{\gamma}}{\partial t} + (V\nabla)\boldsymbol{\gamma}.$$

Подставляя это в предыдущее уравнение, получаем:

$$\frac{d\mathbf{P}}{dt} = M \frac{\partial \boldsymbol{\gamma}}{\partial t} + MCB \text{GRAD } T - M(V \times \text{ROT } \boldsymbol{\gamma}).$$

Это и есть уравнение движения частицы в гравитационногироскопном поле. Слева стоит производная импульса частицы по времени. Следовательно, выражение в правой части есть сила, действующая на заряд в поле. Мы видим, что эта сила состоит из двух частей. Первая часть не зависит от скорости частицы. Вторая же часть пропорциональна величине скорости и перпендикулярна к ней. Силу первого рода, отнесенную к заряду, равному единице, назовем напряженностью гравитационного поля и обозначим посредством \mathbf{G} . Итак, по определению,

$$\mathbf{G} = \frac{\partial \boldsymbol{\gamma}}{\partial t} + CB \text{GRAD } T.$$

Множитель при V/C в силе второго рода, действующей на единичный заряд, назовем напряженностью гироскопного поля и обозначим через $\boldsymbol{\Omega}$. Итак, по определению:

$$\boldsymbol{\Omega} = -C \text{ROT } \boldsymbol{\gamma}.$$

Уравнение движения заряда в поле можно теперь записать в виде

$$\frac{d\mathbf{P}}{dt} = M\mathbf{G} - \frac{M}{C} (V \times \boldsymbol{\Omega}).$$

Стоящее справа выражение по форме совпадает с выражением лоренцевой силы. Первая часть ее не зависит от скорости заряда и ориентирована по направлению гравитационного поля \mathbf{G} . Вторая часть пропорциональна скорости заряда и направлена перпендикулярно этой скорости и к направлению гироскопного поля $\mathbf{\Omega}$.

Для скоростей, малых по сравнению со скоростью света, импульс \mathbf{P} приближенно равен своему классическому выражению $M\mathbf{V}$, и уравнение движения переходит в

$$M \frac{d\mathbf{V}}{dt} = M\mathbf{G} + \frac{M}{c} (\mathbf{V} \times \mathbf{\Omega}),$$

т.е.

$$\frac{d\mathbf{V}}{dt} = \mathbf{G} + \frac{1}{c} (\mathbf{V} \times \mathbf{\Omega}).$$

Вычислим скорость изменения кинетической энергии частицы со временем, т.е. производную

$$\frac{d\varepsilon_{\text{кин}}}{dt} = \frac{d}{dt} \frac{Mc^2}{\sqrt{1-v^2/c^2}}.$$

Легко убедиться, что

$$\frac{d\varepsilon_{\text{кин}}}{dt} = \mathbf{V} \frac{\partial P}{\partial t},$$

подставляя выражение $\frac{\partial P}{\partial t}$ и замечая, что $(\mathbf{V} \times \mathbf{\Omega})\mathbf{V} = 0$, имеем:

Выражение в правой стороне равенства есть работа, производимая полем над частицей \mathbf{P} в единицу времени. Работа производится только гравитационным полем \mathbf{G} . Гироскопное поле $\mathbf{\Omega}$ не производит работы над движущимся в нем зарядом, поскольку действующая в нем сила перпендикулярна к скорости частицы.

Легко видеть, что уравнения движения не меняются, если произвести замену:

$$\mathbf{t} \rightarrow -\mathbf{t}, \mathbf{G} \rightarrow \mathbf{G}, \mathbf{\Omega} \rightarrow -\mathbf{\Omega}.$$

При этом скалярный потенциал не меняется, а векторный меняет знак:

$$T \rightarrow T, \gamma \rightarrow -\gamma.$$

Таким образом, если в поле возможно некоторое движение, то возможно и обратное движение в поле с обратным направлением $\mathbf{\Omega}$.

1.2. ТЕНЗОР ГРАВИТАЦИОННОГИРОСКОПНОГО ПОЛЯ

Формулы, выражающие напряженности поля через его потенциалы, представлены в трехмерных обозначениях и поэтому неудобны для выяснения закона преобразования этих величин при изменении системы отсчета.

Легко видеть, что совокупность всех компонент обоих трехмерных векторов G и Ω может быть представлена как совокупность компонент антисимметричного 4-тензора поля:

$$F_{ik} = -C \left(\frac{\partial \gamma_k}{\partial X^i} - \frac{\partial \gamma_i}{\partial X^k} \right).$$

Смысл отдельных компонент этого тензора можно выяснить, подставив значения $\gamma_i = (BT, -\gamma)$ в это выражение. Результат можно записать в виде таблицы, в которой индекс $i = 0, 1, 2, 3$ нумерует строки, а индекс k – столбцы:

$$F_{ik} = \begin{bmatrix} 0 & G^1 & G^2 & G^3 \\ -G^1 & 0 & -\Omega^3 & \Omega^2 \\ -G^2 & \Omega^2 & 0 & -\Omega^1 \\ -G^3 & -\Omega^3 & \Omega^1 & 0 \end{bmatrix}.$$

Отметим, что уравнения движения заряда V в поле записываются с помощью тензора F_{ik} в виде

$$\frac{dP^i}{ds} = \frac{M}{c} F_{ik} u_k,$$

при ЭТОМ

$$\frac{dU^i}{ds} = \frac{1}{c^2} F^{ik} u_k.$$

Раскрывая выражение в обеих сторонах равенства с помощью трехмерных обозначений и, заменив $dS = \sqrt{1 - v^2/c^2} C dt$, легко убедиться в том, что при $i = 1, 2, 3$ мы получим три компоненты векторного уравнения

$$\frac{dP}{dS} = MG + \frac{M}{C} - (V \times \Omega),$$

а при $i = 0$ – уравнение работы

$$\frac{d\varepsilon_{кин}}{dt} = MG V.$$

Формулы преобразования полей G и Ω можно найти теперь в соответствии с общими правилами преобразования 4-тензоров. Компоненты 4-тензоров второго ранга F^{ik} преобразуются как произведения координат $X^i K^k$. При преобразованиях координаты $X^2 = Y$ и $X^3 = Z$ не меняются, поэтому не меняется и компонента

$$F^{23} = F'^{32}.$$

Далее, по той же причине компоненты $F^{02}, F^{03}, F^{12}, F^{13}$ преобразуются соответственно как координаты $X^0 = Ct$ и $X^1 = X$

$$F^{01} = \frac{F''^{02} + \frac{V}{c} F''^{12}}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}, F^{12} = \frac{F''^{12} + \frac{V}{c} F''^{02}}{\sqrt{1 - v^2/c^2}},$$

и аналогично для F^{01}, F^{12} . Наконец, компонента F^{01} должна преобразоваться как произведение $X^0 X^1$, отсюда получилось бы

$$F^{01} = \frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}} \left(F''''^{01} + \frac{v^2}{c^2} F''''^{10} + \frac{v}{c} (F''''^{00} + F''''^{11}) \right).$$

Но поскольку в данном случае F^{ik} антисимметричен, то $F'^{01} = -F'^{10}$ и потому

$$F''^{01} = F''''^{01}.$$

Выразив теперь компоненты тензора F^{ik} через компоненты полей G и Ω согласно тензора поля, получим следующие формулы преобразования поля G :

$$G_x = G'_x, G_y = \frac{G'_y + \frac{V}{c} - \Omega'^3}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{C^2}}}, G_z = \frac{G'_z + \frac{V}{c} - \Omega'^3}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{C^2}}}$$

и для поля Ω :

$$\Omega_x = \Omega'_x, \Omega_y = \frac{\Omega'_y + \frac{V}{c} - G'^3}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{C^2}}}, \Omega_z = \frac{\Omega'_z + \frac{V}{c} - G'^3}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{C^2}}}.$$

Таким образом, поля G и Ω , как и большинство физических величин, относительно, т.е. их свойства различны в разных системах отсчета. В частности, поле G и поле Ω может быть равно нулю в одной системе отсчета и в то же время

присутствовать в другой системе.

Если в системе K' поле $\Omega' = 0$, то между полями G и Ω в системе K существует соотношение

$$\Omega = \frac{1}{C} (V \times G).$$

Если же в K' поле $G' = 0$, то в системе K

$$G = -\frac{1}{C} (V \times \Omega).$$

В обоих случаях, следовательно, в системе K поля G и Ω взаимно перпендикулярны. Эти формулы имеют, разумеется, и обратный смысл: если в некоторой системе отсчета K поля Ω и G взаимно перпендикулярны, то существует такая система K' , в которой имеют место поля G и Ω .

1.2.ИНВАРИАНТЫ ГРАВИТАЦИОННОГИРОСКОПНОГО ПОЛЯ

Из векторов направленностей полей G и Ω можно составить инвариантные величины, остающиеся неизменными при преобразованиях от одной инерционной системы отсчёта к другой. Мы получим такую величину, образовав четырехмерный скаляр $F_{ik}F^{ik}$. Раскрыв его в трехмерных обозначениях, найдем, что $F_{ik}F^{ik} = 2(\Omega^2 - G^2)$.

Таким образом, одним из искомым инвариантов является величина

$$\Omega^2 - G^2 = INV.$$

Непосредственной проверкой можно убедиться, что при преобразованиях остается неизменной также и сумма $G_X\Omega_X + G_Y\Omega_Y + G_Z\Omega_Z$.

Таким образом:

$$G\Omega = INV.$$

Отметим некоторые следствия инвариантности этих выражений. Если в какой-либо системе отсчета поля G и Ω взаимно перпендикулярны ($G\Omega = 0$), то они взаимно перпендикулярны во всякой другой системе отсчета. Если $G\Omega = 0$, то можно найти такую систему отсчета, в которой $\Omega = 0$ или $G = 0$. Т.е. поле чисто G и Ω . Обратно, если в какой-либо системе отсчета $G = 0$ или Ω , то во всякой другой системе они будут взаимно перпендикулярны.

Исключением является случай, когда оба инварианта равны нулю.

1.5.КАЛИБРОВОЧНАЯ ИНВАРИАНТНОСТЬ

Рассмотрим вопрос о том, насколько однозначно определены потенциалы поля. В уравнения движения входят не потенциалы, а напряженности поля G и Ω . Поэтому два поля тождественны, если они характеризуются одними и теми же векторами G и Ω .

Заданием потенциалов γ и T величины G и Ω определяются однозначно. Однако одному и тому же полю могут соответствовать различные потенциалы. Чтобы убедиться в этом, прибавим к каждой компоненте 4-потенциала γ_i величину $-\partial F/\partial X^i$, где F – произвольная функция от координат и времени. Тогда

$$\gamma'_i = \gamma_i - \frac{\partial F}{\partial X^i}.$$

При такой замене в интеграле действия для частицы в поле появится дополнительный член, представляющий собой полный дифференциал

$$-M \frac{\partial F}{\partial X^i} dX^i = -d(MF),$$

что не влияет на уравнения движения.

Если вместо четырехмерного потенциала ввести векторный и скалярный и вместо X^i – координаты Ct, X, Y, Z , то можно написать

$$\gamma' = \gamma + \mathbf{GRAD} F \text{ и } T' = T - \frac{1}{c} \frac{\partial F}{\partial t}.$$

Легко убедиться в том, что поля G и Ω действительно не изменяются при использовании вместо γ и T новых потенциалов γ' и T' . Таким образом, рассмотренное преобразование потенциалов не изменяет поля. Потенциалы поэтому определены неоднозначно – векторный потенциал определен с точностью до градиента произвольной функции, а скалярный – с точностью до производной по времени от той же функции.

В частности, к векторному потенциалу можно прибавить любой постоянный сектор, а к скалярному потенциалу – любую постоянную.

Физический смысл имеют лишь те величины, которые инвариантны по отношению к рассмотренному преобразованию потенциалов, поэтому и все уравнения должны быть инвариантны по отношению к этому преобразованию.

Описанная неоднозначность потенциалов дает всегда возможность выбирать их так, чтобы они удовлетворяли одному произвольному дополнительному условию, например, чтобы было $T = 0$.

1.6. ПОСТОЯННОЕ ГРАВИТАЦИОННОГИРОСКОПНОЕ ПОЛЕ

Потенциалы векторного поля всегда можно выбрать так, чтобы они были функциями только от координат, но не от времени. При этом

$$\mathbf{C} = \mathbf{C} \mathbf{GRAD} T \text{ и } \Omega = -\mathbf{C} \mathbf{ROT} \gamma.$$

Таким образом, постоянное поле G , определяется только скалярным потенциалом, а постоянное поле Ω – векторным потенциалом. Потенциалы поля определены неоднозначно. Но если условиться описывать постоянное поле с помощью не зависящих от

времени потенциалов, то к скалярному потенциалу можно прибавить, не изменяя поля, лишь произвольную постоянную (не зависящую ни от координат, ни от времени). Потенциалу T соответствует еще дополнительное условие, например, чтобы он был равен нулю на бесконечности. Тогда и произвольная постоянная становится определенной, а скалярный потенциал постоянного поля – вполне однозначным. Напротив, векторный потенциал остается неоднозначным: к нему можно прибавить градиент любой функции координат.

Если поле постоянно, то и функция Лагранжа для заряда не зависит явно от времени. В этом случае энергия сохраняется, совпадая с функцией Гамильтона

$$\gamma = \frac{Mc^2}{\sqrt{1-v^2/c^2}} - MCVT .$$

Таким образом, к энергии свободной частицы прибавляется член $-MCVT$ – потенциальная энергия частицы в поле. Очевидно, энергия зависит только от скалярного, но не векторного потенциала. Другими словами, гироскопное поле Ω не влияет на энергию зарядов; энергию частицы МОЖЕТ изменить только гравитационное поле G .

Если поле однородно, то напряженность поля во всех точках пространства одинакова. При этом, если $G = CONST$, то

$$T = \frac{1}{cB} (GR).$$

Действительно, при $G = CONST$ имеем

$$GRAD (GR) = (G\nabla)R = G.$$

Если же $\Omega = CONST$, то

$$\gamma = -\frac{1}{2c} (\Omega \times R).$$

Действительно, при $\Omega = CONST$, находим с помощью известных формул векторного анализа:

$$ROT(\Omega \times R) = \Omega DIV R - (\Omega\nabla)R = 2\Omega,$$

поскольку $DIV R = 3$.

1.7. ДВИЖЕНИЕ В ПОСТОЯННОМ ОДНОРОДНОМ ГРАВИТАЦИОННОМ ПОЛЕ

Рассмотрим движение заряда M в однородном постоянном гравитационном поле G , направленном вдоль оси X . Движение, оче-

видно, будет происходить в одной плоскости, которую выберем за плоскость XY . Тогда уравнения движения примут вид

$$\frac{dP_X}{dt} = MG, \frac{dP_Y}{dt} = 0,$$

откуда

$$P_X = MGt, P_Y = \text{CONST} = P_0.$$

Начало отсчета времени мы выбрали в тот момент, когда $P_X = 0$, P_0 импульс частицы в этот момент.

Кинетическая энергия частицы (энергия без потенциальной энергии в поле) равна

$$\varepsilon_{\text{кин}} = C\sqrt{(MC)^2 + P^2}.$$

В нашем случае находим:

$$\varepsilon_{\text{кин}} = \sqrt{M^2 C^4 + C^2 P_0^2 + (MCGt)^2} = \sqrt{\varepsilon_0 + (MCGt)^2},$$

Где ε_0 – энергия при $t = 0$.

Скорость частицы $V = \frac{P_X C^2}{\varepsilon_{\text{кин}}}$. Для скорости V_X имеем, следовательно: $\frac{dX}{dt} = \frac{P_X C^2}{\varepsilon_{\text{кин}}} = -\frac{M C^2 G t}{\sqrt{\varepsilon_0^2 + (MCGt)^2}}$.

Интегрируя, находим

$$X = \frac{1}{MG} \sqrt{\varepsilon_0^2 + (MCGt)^2}$$

(постоянную интегрирования полагаем равной нулю).

Для определений Y имеем

$$\frac{dY}{dt} = \frac{P_Y C^2}{\varepsilon_{\text{кин}}} = -\frac{P_0 C^2}{\sqrt{\varepsilon_0^2 + (MCGt)^2}},$$

откуда

$$Y = \frac{P_0 C^2}{MG} \text{ARCSH} \frac{MCGt}{\varepsilon_0}.$$

Уравнение траектории находим, выражая t через Y . Это дает:

$$X = \frac{\varepsilon_0}{MG} \text{CH} \frac{MG}{P_0 C} Y.$$

Таким образом, заряд движется в однородном поле G по цепной линии. Если скорость частицы $V \ll C$, то можно положить $P_0 = MV_0$, $\varepsilon_0 = MC^2$, разлагая по степеням $1/C$, получим с точностью до членов высшего порядка:

$$X = \frac{G}{2Y_0^2} Y^2 + \text{CONST},$$

т.е. заряд движется по параболе.

1.8. ДВИЖЕНИЕ ЗАРЯДА В ПОСТОЯННОМ ОДНОРОДНОМ ГИРОСКОПНОМ ПОЛЕ

Рассмотрим теперь движение заряда M в однородном гироскопном поле Ω . Направление поля выберем за ось Z . Уравнение движения

$$\frac{dP}{dt} = \frac{M}{C} (V \times \Omega)$$

мы перепишем в другом виде, подставив вместо импульса

$$P = \frac{\varepsilon V}{C^2},$$

где ε – энергия частицы, которая в поле Ω постоянна. Уравнения движения приобретают тогда вид

$$\frac{dV}{dt} = V \times \omega$$

или, в компонентах

$$\frac{dV_X}{dt} = \omega V_Y, \frac{dV_Y}{dt} = -\omega V_X, \frac{dV_Z}{dt} = 0,$$

где мы ввели обозначение $\omega = \frac{MC}{\varepsilon} \Omega$. Умножим второе из уравнений движения на J и сложим с первым:

$$\frac{d}{dt} (V_X + JV_Y) = -I\omega (V_X + IV_Y),$$

откуда

$$V_X + JV_Y = Ae^{-I\omega t},$$

где A – комплексная постоянная. Ее можно написать в виде

$$A = V_{0t} e^{-I(\omega t + A)}.$$

ГДЕ V_{0t} и A – вещественные. Тогда

$$V_X + IV_Y = V_{0t} e^{-I(\omega t + A)},$$

и, ОТДЕЛЯЯ ВЕЩЕСТВЕННУЮ И МНИМУЮ ЧАСТИ, НАХОДИМ:

$$V_Y = V_{0t} \text{COS}(\omega t + A), V_X = -V_{0t} \text{SIN}(\omega t + A).$$

Постоянные $-V_{0t}$ и A определяются начальными условиями, A есть начальная фаза, что же касается V_{0t} то видно, что

$$V_{0t} = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}.$$

Т.е. V_{0t} величина скорости частицы в плоскости XY , остающаяся при движении постоянной.

Интегрируя еще раз, находим

$$X = X_0 + R \text{SIN}(\omega t + A), Y = Y_0 + R \text{COS}(\omega t + A), Z = Z_0 + Y_{0z}t,$$

ГДЕ

$$R = \frac{V_{0t}}{\omega} = \frac{V_{0t}\varepsilon}{MC\Omega} = -\frac{P_{XY}}{M\Omega}$$

(P_{XY} проекция импульса на плоскость XY).

Из полученных уравнений видно, что заряд движется в однородном поле Ω по винтовой линии с осью вдоль поля Ω , скорость частицы при этом постоянна по величине. в частном случае $V_{0t} = 0$, т.е. заряд не имеет скорости вдоль поля Ω и движется по окружности в плоскости, перпендикулярной к полю.

Величина ω , как видно из формул, есть циклическая частота вращения частиц в плоскости, перпендикулярной к полю Ω , если скорость частицы мала, то мы можем приближенно положить $\varepsilon = MC^2$. тогда частота ω превращается в Ω/C .

ГЛАВА 2. УРАВНЕНИЯ ГРАВИТАЦИОННОГИРОСКОПНОГО ПОЛЯ ЧЕТЫРЕХМЕРНОГО ПСЕВДОЕВКЛИДОВОГО ПРОСТРАНСТВА-ВРЕМЕНИ

2.1. ПЕРВАЯ ПАРА УРАВНЕНИЙ МАКСВЕЛЛА

Из выражений

$$\Omega = -C \text{ ROT } \gamma, G = \frac{\partial \gamma}{\partial t} + CB \text{ GRAD } T$$

легко получить уравнения, содержащие только Ω и G . Для этого определим $\text{ROT } G$

$$\text{ROT } G = \frac{\partial}{\partial t} \text{ ROT } \gamma + CB \text{ ROT GRAD } T.$$

Но ротор всякого градиента равен нулю, следовательно

$$\text{ROT } G = -\frac{1}{c} \frac{\partial \Omega}{\partial t}.$$

Взяв дивергенцию от обеих частей уравнения $-C \text{ ROT } \gamma = \Omega$ и помня, что дивергенция всякого ротора равна нулю, находим

$$\text{DIV } \Omega = 0.$$

Полученные уравнения совпадают по форме с первой парой уравнений Максвелла для электромагнитного поля. Заметим, что эти два уравнения еще не определяют вполне свойства поля Ω . Это видно из того, что они определяют изменение поля Ω со временем (производную $\frac{\partial \Omega}{\partial t}$), но не определяют производной $\frac{\partial G}{\partial t}$.

2.2. ДЕЙСТВИЕ ДЛЯ ПОЛЯ

Действие S для системы, состоящей из поля вместе с находящимися в нем частицами, должно состоять из трех частей:

$$S = S_I + S_m + S_{mf} .$$

S_m есть та часть действия, которая зависит только от свойств частиц, т. е. действие свободных частиц. Для одной свободной частицы оно задается формулой

$$S_m = -MC \int dS .$$

Если имеется несколько частиц, то их общее действие равно сумме действия для каждой частицы в отдельности. Таким образом,

$$s_m = -\Sigma MC \int dS .$$

S_{mf} есть та часть действия, которая обусловлена взаимодействием между частицами и полем. Для системы частиц имеем:

$$s_{mf} = \Sigma M \int \gamma_i dX^i .$$

В каждом из членов этой суммы γ_i есть потенциал поля в той точке пространства и времени, в котором находится соответствующая частица. Сумма $S_m + S_{mf}$ есть действие для зарядов в поле.

Наконец, S_f есть та часть действия, которая зависит только от свойств самого поля, т.е. действие для поля в отсутствие зарядов. Для установления вида действия поля S_i мы будем исходить из принципа суперпозиции. Этот принцип заключается в утверждении, что поле, создаваемое системой зарядов, представляет собой результат простого сложения полей, которые создаются каждым из зарядов в отдельности. Это значит, что напряженности результирующего поля в каждой точке равны векторной сумме напряженностей в этой точке каждого из полей в отдельности.

Как известно, линейные дифференциальные уравнения отличаются тем свойством, что сумма любых его решений тоже является решением. Следовательно, дифференциальные уравнения поля должны быть линейными уравнениями. Из сказанного следует, что под знаком интеграла в действии S_f должно стоять выражение, квадратичное по полю. Только в этом случае уравнения поля будут линейными, уравнения поля получаются варьированием действия, а при варьировании степень подынтегрального выражения понижается на единицу.

В выражение для действия S_f не могут входить потенциалы поля, т.к. они не определены однозначно. Поэтому S_f должно быть ин-

тегралом некоторой функции от тензора поля F_{ik} . Но действие должно быть скаляром и потому должно быть интегралом от скаляра. Таковым является произведение $F_{ik}F^{ik}$.

Таким образом, S_f должно иметь вид:

$$S_f = A \iint F_{ik}F^{ik} dV dt, dV = dXdYdZ,$$

где интеграл берется по координатам по всему пространству, а по времени – между двумя заданными моментами; A есть некоторая постоянная. Под интегралом стоит

$$F_{ik}F^{ik} = 2C(\Omega^2 - G^2).$$

Поле G содержит производную $\partial\gamma/\partial t$. Но легко видеть, что $(\partial\gamma/\partial t)^2$ должно входить в действие с положительным знаком. В противном случае достаточно быстрым изменением потенциала со временем (в рассматриваемом интервале времени) всегда можно было сделать S_f отрицательной величиной со сколь угодно большим абсолютным значением, S_f не могло, следовательно, иметь минимума, как этого требует принцип наименьшего действия. Таким образом, A должно быть отрицательным.

Численное значение A зависит от выбора единиц для измерения поля. Удобно выбрать A величиной, равной $-\frac{1}{16\pi K}$, где K – константа.

Таким образом, действие для поля имеет вид

$$S_f = -\frac{1}{16\pi K} \int F_{ik}F^{ik} d\Omega, d\Omega = C dt dXdYdZ.$$

В трехмерном виде:

$$S_f = -\frac{1}{8\pi K} \iint (\Omega^2 - G^2) dV dt.$$

Другими словами, функция Лагранжа для поля есть

$$L_f = -\frac{1}{8\pi K} \int (\Omega^2 - G^2) dV.$$

Заметим, что теперь уже заряды не должны считаться малыми. Поэтому γ_i и F^{ik} относятся к истинному полю, т. е. внешнему полю вместе с полем, созданными самими зарядами, γ_i и F^{ik} зависят теперь от положения и скоростей зарядов.

2.3. ЧЕТЫРЕХМЕРНЫЙ ВЕКТОР РАВИТАЦИОННОГО ТОКА

Будем рассматривать заряды как распределенные в пространстве непрерывным образом. Тогда можно ввести плотность заряда ρ

так, что $p dV$ есть заряд, находящийся в объеме dV ; p есть, вообще говоря, функция от времени и координат. Интеграл от p по некоторому объему есть заряд, находящийся в этом объеме.

Заряд частицы есть по самому своему определению, величина инвариантная, т.е. независимая от выбора системы отсчета. Напротив, плотность p не есть инвариант – инвариантом является лишь произведение $p dV$.

Умножим равенство $dM = p dV$ с обеих сторон на dX^i

$$dM dX^i = p dV dX^i = p dV dt \frac{dX^i}{dt}.$$

Слева стоит 4-вектор. Значит, и справа должен стоять 4-вектор. Но $dV dt$ есть скаляр, а потому $p \frac{dX^i}{dt} = J^i$ есть 4-вектор. Этот вектор назовем 4-вектором гравитационного тока:

$$J^i = p \frac{dX^i}{dt}.$$

Три пространственные компоненты этого 4-вектора образуют трехмерный вектор плотности гравитационного тока

$$J = pV;$$

V – скорость заряда в данной точке. Временная составляющая 4-вектора тока есть вектор Cp . Таким образом,

$$J^i = (Cp, J)$$

Введем 4-вектор тока в выражение для действия S_{mf} . Вводя вместо точечных зарядов M непрерывное распределение с плотностью p , мы должны написать

$$S_{mf} = \int p^i \gamma_i \frac{dX^i}{dt} dV dt = \frac{1}{c} \int \gamma_i J^i d\Omega.$$

Таким образом, полное действие принимает вид

$$S = -\Sigma \int MC dS + \frac{1}{c} \int \gamma_i J^i d\Omega - \frac{1}{16\pi} \int F_{ik} F^{ik} d\Omega.$$

2.4 УРАВНЕНИЕ НЕПРЕРЫВНОСТИ

Изменение со временем заряда, находящегося в некотором объеме, дается производной

$$\frac{\partial}{\partial t} \int p dV.$$

С другой стороны, изменение за единицу времени определяется количеством заряда, выходящего за это время из данного объема наружу, или, наоборот, входящего внутрь его. Количество гравитационного заряда, проходящего за единицу времени через элемент

dF поверхности, ограничивающей объем, равно $pVdF$, где V – есть скорость заряда в той точке пространства, где находится элемент dF . Вектор dF направлен по внешней нормали к поверхности, т.е. по нормали, направленной наружу от рассматриваемого объема. Поэтому $pVdF = JdF$ положительно, если заряд выходит из нашего объема, и отрицательно, если заряд входит в него. Полное количество заряда, выходящего за единицу времени из данного объема, есть, следовательно $\oint pVdF$, где интеграл распространен по всей замкнутой поверхности, ограничивающей данный объем.

Из сравнения обоих полученных выражений находим:

$$\frac{\partial}{\partial t} \int p dV = - \oint p V dF .$$

Справа поставлен знак минус, так как левая часть положительна, если полный заряд в данном объеме увеличивается. Это уравнение, выражающее собой закон сохранения массы, совпадает по форме записи с уравнением непрерывности, написанном в интегральном виде.

Напишем это уравнение в дифференциальном виде. Применив к правой части теорему Гаусса:

$$\oint p V dF = \int DIV J dV ,$$

находим:

$$\int (DIV J + \frac{\partial p}{\partial t}) dY = 0 .$$

Поскольку это равенство должно иметь место при интегрировании по любому объему, то подынтегральное выражение должно быть равно нулю:

$$DIV J + \frac{\partial p}{\partial t} = 0 .$$

Это и есть уравнение непрерывности в дифференциальном виде. В четырехмерной форме уравнение непрерывности выражается равенством нулю 4-дивергенции, 4-вектора гравитационного тока

$$\frac{\partial J^i}{\partial x^i} = 0 .$$

2.5. ВТОРАЯ ПАРА УРАВНЕНИЙ МАКСВЕЛЛА

При нахождении уравнения поля из принципа наименьшего действия мы должны считать заданным движение зарядов и должны варьировать лишь потенциалы поля, играющие здесь роль обобщенных координат системы.

Согласно сказанному, вариация первого члена в выражении действия равна теперь нулю, а во втором не должен варьироваться ток J^i .

Таким образом,

$$\delta S = -\frac{1}{c} \int \left(\frac{1}{c} J^i \delta \gamma_i + \frac{1}{8\pi} F^{ik} \delta F_{ik} \right) d\Omega = 0$$

(при варьировании во второй члене учтено, что $F^{ik} \delta F_{ik} = F_{ik} \delta F^{ik}$).

Подставляя в множителе δF_{ik}

$$F_{ik} = -C \left(\frac{\partial \gamma_k}{\partial x^i} - \frac{\partial \gamma_i}{\partial x^k} \right),$$

имеем:

$$\delta S = -\frac{1}{c} \int \left(\frac{1}{c} J^i \delta \gamma_i + \frac{1}{8\pi k} \left(F^{ik} \frac{\partial}{\partial x^i} \delta \gamma_i - F^{ik} \frac{\partial}{\partial x^k} \delta \gamma_i \right) \right) d\Omega.$$

Во втором члене меняем местами немые индексы i и k , а также заменяем F^{ik} на $-F^{ik}$. После этого второй и ТРЕТИЙ члены оказываются одинаковыми, так что

$$\delta S = \int \left(\frac{1}{c} J^i \delta \gamma_i - \frac{1}{4\pi k} F^{ik} \frac{\partial}{\partial x^i} \delta \gamma_i \right) d\Omega.$$

Далее, написав

$$-\frac{1}{4\pi K} F^{ik} \frac{\partial}{\partial x^k} \delta \gamma_i = -\frac{1}{4\pi K} \frac{\partial}{\partial x^i} (F^{ik} \delta \gamma_i) + \frac{1}{4\pi K} \delta \gamma_i \frac{\partial F^{ik}}{\partial x^k}$$

и применив к интегралу от первого члена теорему Гаусса $\int \frac{\partial}{\partial x^k} \gamma^k d\Omega = \oint \gamma^k dS_K$, получаем:

$$\delta S = \int \left(\frac{1}{c} J^i + \frac{1}{4\pi k} \frac{\partial F^{ik}}{\partial x^i} \right) \delta \gamma_i d\Omega - \frac{1}{4\pi K} \oint F^{ik} \delta \gamma_i dS_K.$$

В последнем члене подразумевается его значение на пределах интегрирования. Пределами интегрирования по координатам является пространственная бесконечность, где поле исчезает. На пределах же интегрирования по времени, т.е. в заданные начальный и конечный моменты времени, вариация потенциалов равна нулю, т.к. по смыслу принципа наименьшего действия потенциалы в эти моменты заданы. Таким образом, второй член равен нулю, и мы находим условие минимальности действия в виде

$$\int \left(\frac{1}{c} J^i + \frac{1}{4\pi K} \frac{\partial F^{ik}}{\partial x^k} \right) \delta \gamma_i d\Omega = 0.$$

Ввиду произвольности вариаций $\delta \gamma_i$ — отсюда следует равенство нулю выражения в скобках:

$$\frac{\partial F^{ik}}{\partial x^k} = \frac{4\pi K}{c} J^i.$$

Перепишем эти четыре ($i = 0,1,2,3$) уравнения в трехмерной форме.

При $i = 1$ имеем:

$$\frac{1}{c} \frac{\partial F^{10}}{\partial t} + \frac{\partial F^{11}}{\partial x} + \frac{\partial F^{12}}{\partial y} + \frac{\partial F^{13}}{\partial z} = -\frac{4\pi K}{c} J^1.$$

Подставляя значения составляющих тензора F^{ik} , находим

$$\frac{1}{c} \frac{\partial G_x}{\partial t} - \frac{\partial \Omega_z}{\partial x} + \frac{\partial \Omega_y}{\partial y} = -\frac{4\pi K}{c} J^1.$$

Вместе с двумя следующими ($i = 2,3$) уравнениями они могут быть записаны как одно векторное:

$$\mathbf{ROT} \, \boldsymbol{\Omega} = \frac{1}{c} \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} + \frac{4\pi K}{c} \mathbf{J}.$$

Наконец, выражение с $i = 0$ дает:

$$\mathbf{DIV} \, \mathbf{G} = 4\pi K \rho.$$

Эти уравнения и составляют искомую пару уравнений Максвелла для гравитационногироскопного поля псевдоевклидового пространства. Вместе с первой парой они вполне определяют их и являются основными уравнениями этих полей.

Напишем эти уравнения в интегральной форме, применяя теорему Гаусса $\int \mathbf{DIV} \, \mathbf{G} \, dV = \oint \mathbf{G} dF$

ко второму из них. Находим:

$$\oint \mathbf{G} dF = 4\pi K \int \rho dV.$$

Таким образом, поток поля через замкнутую поверхность равен полному гравитационному заряду, находящемуся в объеме, ограниченном этой поверхностью, умноженному на $4\pi K$.

Применяя также теорему Стокса

$$\int \mathbf{ROT} \, \boldsymbol{\Omega} \, dF = \oint \mathbf{H} dI$$

к первому из них, находим:

$$\oint \mathbf{H} dI = \frac{4\pi K}{c} \int \left(\mathbf{J} + \frac{1}{4\pi K} \frac{\partial \mathbf{G}}{\partial t} \right) dF.$$

Таким образом, циркуляция поля по некоторому контуру равна помноженной на $4\pi K/c$ сумме гравитационных токов истинного и смещения, протекающих сквозь поверхность, ограничиваемую этим контуром.

Из второй пары уравнений Максвелла можно получить уравнение непрерывности. Беря с обеих сторон первого из них дивергенцию, находим:

$$\mathbf{DIV} \, \mathbf{ROT} \, \mathbf{G} = \frac{1}{c} \frac{\partial}{\partial t} \mathbf{DIV} \, \mathbf{G} + \frac{4\pi K}{c} \mathbf{DIV} \, \mathbf{J}.$$

Но дивергенция всякого ротора равна нулю и, следовательно,

$$\frac{1}{C} \frac{\partial}{\partial t} \text{DIV } G + \frac{4\pi K}{C} \text{DIV } J = 0$$

т.е.

$$\frac{\partial}{\partial t} p + \text{DIV } J = 0 .$$

2.6. ПЛОТНОСТЬ И ПОТОК ЭНЕРГИИ ГРАВИТАЦИОННОГИРОСКОПНОГО ПОЛЯ

Из уравнения Максвелла легко получается равенство

$$\frac{1}{C} \Omega \frac{\partial \Omega}{\partial t} + \frac{1}{C} G \frac{\partial G}{\partial t} = -\frac{4\pi K}{C} JG - (\Omega \text{ ROT } G - G \text{ ROT } \Omega) .$$

Пользуясь формулой семимерного векторного анализа

$$\text{DIV } (A \times B) = B \text{ ROTA} - A \text{ ROT } B$$

перепишем это соотношение в виде

$$\frac{1}{2C} \frac{\partial}{\partial t} (\Omega^2 + G^2) = -\frac{4\pi K}{C} JG - \text{DIV } (G \times \Omega)$$

или

$$\frac{\partial}{\partial t} \frac{\Omega^2 + G^2}{8\pi K} = -JG - \text{DIV } S .$$

Вектор

$$S = \frac{C}{4\pi K} (G \times \Omega)$$

совпадает по форме записи с вектором Пойнтинга. Проинтегрируем полученное уравнение по некоторому объему и применим ко второму члену справа теорему Гаусса. Мы получим тогда:

$$\frac{\partial}{\partial t} \int \frac{\Omega^2 + G^2}{8\pi K} dV = - \int JG dV - \oint S dF .$$

Если интегрирование производится по всему пространству, то интеграл по поверхности исчезает, т.к. поле на бесконечности равно нулю.

Далее, мы можем написать интеграл $\int JG dV$ в виде суммы $\sum MGV$ по всем зарядам, находящимся в поле и подставить

$$MGV \frac{\partial}{\partial t} \epsilon_{\text{кин}} .$$

Тогда

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(\int \frac{\Omega^2 + G^2}{8\pi K} dV + \sum \epsilon_{\text{кин}} \right) = 0 .$$

Таким образом, для замкнутой системы, состоящей из поля вместе с находящимися в нем частицами, сохраняется величина, стоящая в написанном уравнении в скобках. Второй член в этом выражении есть кинетическая энергия вместе с энергией поля всех

частиц, первый же член есть, следовательно, энергия самого поля. Величина

$$w = \frac{\Omega^2 + G^2}{8\pi K}$$

является поэтому плотностью энергии поля; это есть энергия единицы объема поля.

При интегрировании по некоторому конечному объему поверхностный интеграл, вообще говоря, не исчезает, так что мы можем написать

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(\int \frac{\Omega^2 + G^2}{8\pi K} dV + \sum \varepsilon_{\text{кин}} \right) = -\frac{1}{c} \oint S dF ,$$

где теперь во втором члене в скобках суммирование производится только по частицам, находящимся в рассматриваемом объеме. Слева стоит изменение полной энергии поля и частиц в единицу времени. Поэтому интеграл $\oint S dF$ надо рассматривать как поток энергии поля через гиперповерхность, ограничивающую данный объем, так что вектор S есть плотность этого потока, - количество энергии поля, протекающее в единицу времени через единицу поверхности.

2.7. ПЛОТНОСТЬ ИМПУЛЬСА ГРАВИТАЦИОННОГИРОСКОПНОГО ПОЛЯ

Наряду с энергией поле обладает также и импульсом, распределенным в пространстве с определенной плотностью. Вычислим производную по времени от интеграла

$$\int \frac{1}{4\pi cK} (G \times \Omega) dV .$$

Производя дифференцирование под знаком интеграла и заменяя производные $\frac{\partial \Omega}{\partial t}$ и $\frac{\partial G}{\partial t}$ согласно уравнениям Максвелла, получим:

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} \int \frac{G + \Omega}{4\pi cK} dV &= \frac{1}{4\pi cK} \int \left(G \times \frac{\partial \Omega}{\partial t} \right) dV + \frac{1}{4\pi cK} \int \left(\frac{\partial G}{\partial t} \times H \right) dV = \\ &= -\frac{1}{4\pi K} \int ((G \times ROTG) + (\Omega \times ROT\Omega) + \frac{1}{c} (J \times \Omega)) dV . \end{aligned}$$

В первом интеграле преобразуем подынтегральное выражение с помощью формулы семимерного векторного анализа

$$\nabla(AB) = A \times ROTB + B \times ROTA + (A\nabla)B + (B\nabla)A ,$$

согласно которой имеем:

$$G \times RONG = \frac{1}{2} \nabla G^2 - (G\nabla)G .$$

Кроме того, заменим:

$$(G\nabla)G = (\nabla G)G - G(\nabla G),$$

где в члене $(\nabla G)G$ подразумевается, что оператор ∇ действует на оба следующие за ним множителя. Наконец, заметив, что согласно уравнению Максвелла $\nabla G = \text{DIV}G = 4\pi K\rho$, пишем:

$$G \times \text{ROT} G = \frac{1}{2}\nabla G^2 - (\nabla G)G + 4\pi K\rho G.$$

Аналогичным образом преобразуется произведение $\Omega \times \text{ROT}\Omega$, но поскольку $\text{DIV}\Omega = 0$, то

$$\Omega \times \text{ROT} \Omega = \frac{1}{2}\nabla\Omega^2 - (\nabla\Omega)\Omega.$$

Таким образом,

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} \int \frac{G + \Omega}{4\pi CK} dV &= - \int \frac{1}{4\pi CK} (\nabla G^2 + \Omega^2) - (\nabla G)G - (\nabla\Omega)\Omega dV - \\ &- \int (pG + \frac{1}{c}(J \times \Omega)) dV. \end{aligned}$$

В первом интеграле в подынтегральном выражении операторы ∇ действуют на все стоящие после них множители. Согласно общей формулировке теоремы Гаусса, этот интеграл преобразуется в интеграл по поверхности dF . Во втором интеграле, в котором фигурируют плотность и ток зарядов, переходим к записи в виде суммы по точечным зарядам, расположенным внутри данного объема. В результате имеем:

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} \int \frac{G + \Omega}{4\pi CK} dV &= - \oint \frac{1}{4\pi K} \left(\frac{\Omega^2 + G^2}{2} dF - G(GdF) - \Omega(\Omega dF) \right) = \\ &= \sum M(\Omega + \frac{1}{c}(V \times G)). \end{aligned}$$

Если интегрирование производится по всему пространству, то интеграл по поверхности (бесконечно удаленной) обращается в нуль. Выражение же под знаком суммы есть сила, действующая на заряд. Согласно уравнению движения, ее можно заменить производной от импульса частицы. Тогда последнее равенство можно представить в виде:

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(\int \frac{G+\Omega}{4\pi CK} dV + \sum P \right) = 0.$$

Оно выражает собой, очевидно, закон сохранения полного импульса системы частиц и поля. Первый член в фигурных скобках, есть, следовательно, импульс поля, а подынтегральное выражение в нем можно рассматривать как плотность импульса

$$p = \frac{G+\Omega}{4\pi CK} = \frac{S}{c^2}.$$

Обратим внимание на то, что плотность импульса совпадает (с точностью до постоянного множителя $\frac{1}{c^2}$) с плотностью потока энергии поля.

ГЛАВА 3.

Постоянное гравитационногироскопное поле и волны в четырёхмерном собственноевклидовом пространстве-времени

3.1. ЗАКОН НЬЮТОНА

Для постоянного поля G в восьмимерном псевдоевклидовом пространстве-времени уравнения Максвелла имеют вид:

$$DIV G = 4\pi K p, ROT G = 0 .$$

Поле G выражается через один только скалярный потенциал соотношением

$$G = CB GRAD T ,$$

Следовательно

$$\Delta T = DIV GRAD T = \frac{4\pi K p}{CB} .$$

В пустоте, т.е. при $p = 0$, потенциал удовлетворяет уравнению Лапласа

$$\Delta T = 0 .$$

Из последнего уравнения следует, в частности, что потенциал поля нигде не может иметь ни минимума, ни максимума. Действительно, для того чтобы T имело экстремальное значение, необходимо, чтобы все первые производные от T по координатам быта равны нулю, а вторые производные $\frac{\partial^2 T}{\partial X^2}, \frac{\partial^2 T}{\partial Y^2}, \frac{\partial^2 T}{\partial Z^2}$ имели одинаковый знак. Последнее, однако, невозможно, так как при этом не может быть удовлетворено уравнение Лапласа.

Определим теперь поле, создаваемое точечным зарядом M . Из соображений симметрий ясно, что оно будет направлено в каждой точке по радиусу-вектору, проведенному из точки, в которой находится заряд. Из тех же соображений ясно, что абсолютная величина G поля будет зависеть только от расстояния R до заряда. Поток поля G через шаровую поверхность с радиусом R , проведенную вокруг заряда M , равен $4\pi R^2 G$ и равен $4\pi KM$. Отсюда находим:

$$G = K \frac{M}{R^2}.$$

В векторном виде

$$G = -K \frac{MR}{R^3}.$$

Таким образом, поле, создаваемое точечным зарядом M , обратно пропорционально квадрату расстояния до него, т.е. соответствует закону Ньютона. При этом выясняется смысл постоянной K , совпадающей с гравитационной постоянной.

Потенциал этого поля

$$T = \frac{K M}{CB R}.$$

Если имеем систему зарядов, то создаваемое ею поле, согласно принципу суперпозиции, равно сумме полей, создаваемых каждым из зарядов в отдельности. Потенциал такого поля равен

$$T = \frac{K}{CB} - \sum_a \frac{M_a}{R_a},$$

где R_a – расстояние от заряда до точки, в которой мы ищем потенциал. Если ввести плотность заряда p , то эта формула приобретает вид

$$T = \frac{K}{CB} \int \frac{p}{R} dV,$$

где R – расстояние от элемента объема dV до данной точки поля.

Отметим здесь математическое соотношение, получающееся при использовании значений p и T для точечного заряда, когда

$$p = M\delta(R).$$

Мы находим тогда:

$$\Delta \frac{1}{R} = -4\pi\delta(R).$$

3.2. СТАТИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ ЗАРЯДОВ

Определим потенциальную энергию системы зарядов, при этом будем исходить из выражения для плотности энергии поля. Именно энергия системы зарядов будет равна

$$u = \frac{1}{8\pi K} \int G^2 dV,$$

где G – есть поле, создаваемое этими зарядами, а интеграл берется по всему семимерному пространству. Подставляя сюда $G = CB \text{GRAD } T$, можно преобразовать u следующим образом:

$$u = \frac{CB}{8\pi K} \int (G \text{ GRAD } T) dV = \frac{CB}{8\pi K} \int \text{DIV } (GT) dV - \frac{CB}{8\pi K} \int T \text{ DIV } G dV$$

Первый из этих интегралов согласно теореме Гаусса равен интегралу от GT по поверхности, ограничивающей объем интегрирования; но поскольку интегрирование производится по всему пространству, а на бесконечности поле равно нулю, то этот интеграл исчезает.

Подставляя во второй интеграл

$\text{DIV } G = 4\pi K\rho$, находим следующее выражение для энергии системы зарядов:

$$u = -\frac{CB}{2} \int \rho T dV .$$

Для системы точечных зарядов M_a можно вместо интеграла написать сумму по зарядам

$$u = -\frac{CB}{2} \sum M_a T_a ,$$

где T_a – потенциал поля, создаваемого всеми зарядами в точке, где находится заряд M_a .

Потенциалы T_a соответственно равны

$$T_a = \frac{K}{CB} \sum_a \frac{M_a}{R_{ab}} ,$$

где R_{ab} – расстояние между зарядами M_a и M_b . Для системы точечных зарядов это выражение содержит бесконечный член, происходящий от потенциала собственного поля заряда M_a (член суммы с $b = a$, в котором $R_{ab} = 0$). Соответственно в энергии поля является бесконечная постоянная, не зависящая от взаимного расположения зарядов. Эта часть энергии должна быть вычеркнута. После этого останется лишь энергия взаимодействия зарядов, зависящая от их расположения. Она равна

$$u' = -\frac{CB}{2} \sum M_a T'_a ,$$

где

$$T'_a = \frac{CB}{2} - \sum_{b \neq a} \frac{M_b}{R_{ab}}$$

есть потенциал в точке нахождения M_a , создаваемый всеми зарядами, за исключением M_a . Иначе можно написать:

$$u' = -\frac{K}{2} \sum_{a \neq b} \frac{M_a M_b}{R_{ab}} .$$

В частности, энергия взаимодействия двух зарядов

$$u' = -K \frac{M_1 M_2}{R_{12}} .$$

3.3 ПОСТОЯННОЕ ГИРОСКОПНОЕ ПОЛЕ

Рассмотрим семимерное поле Ω , создаваемое зарядами, совершающими финитное движение, при котором частицы остаются все время в конечной области пространства, причем импульсы остаются всегда конечными. Такое движение имеет стационарный характер, и представляет интерес рассмотреть среднее (по времени) поле Ω , создаваемое зарядами; это поле будет теперь функцией только от координат, но не от времени, т.е. будет постоянным.

Для того, чтобы найти уравнения, определяющие среднее поле Ω , усредним по времени уравнение Максвелла

$$DIV\Omega = 0, ROT\Omega = \frac{1}{c} \frac{\partial G}{\partial t} + \frac{4\pi K J}{c}.$$

Первое из них дает просто

$$DIV\bar{\Omega} = 0.$$

Во втором уравнении среднее значение производной $\frac{\partial G}{\partial t}$, как и вообще производной от всякой величины, меняющейся в конечном интервале, равно нулю. Поэтому второе уравнение Максвелла приобретает вид

$$ROT\bar{\Omega} = \frac{4\pi K}{c} \bar{J}.$$

Эта два уравнения и определяют постоянное поле Ω .

Введем средний векторный потенциал γ согласно

$$-c ROT\bar{\gamma} = \bar{\Omega}.$$

Подставив это предыдущее в уравнение, получим:

$$GRAD DIV\bar{\gamma} - \Delta\bar{\gamma} = \frac{4\pi K}{c^2} \bar{J}.$$

Но мы знаем, что векторный потенциал поля определен неоднозначно и поэтому на него можно наложить дополнительное условие. На этом основании выберем потенциал γ так, чтобы

$$DIV\bar{\gamma} = 0.$$

Тогда уравнение, определяющее векторный потенциал постоянного поля Ω , принимает вид

$$\Delta\bar{\gamma} = \frac{4\pi K}{c} \bar{J}.$$

Решение этого уравнения легко найти, заметив, что оно аналогично уравнению Пуассона для скалярного потенциала постоянного поля G , причем вместо плотности заряда ρ стоит плотность тока $K\bar{J}/c^2$. По аналогии с решением уравнения Пуассона мы можем написать

$$\bar{\gamma} = -\frac{K}{c^2} \int \frac{\bar{J}}{R} dV ,$$

где R – расстояние от точки наблюдения поля до элемента объема dV .

Зная $\bar{\gamma}$, можно найти напряженность поля $\bar{\Omega}$

$$\bar{\Omega} = -C \text{ROT} \bar{\gamma} = -K \text{ROT} \int \frac{\bar{J}}{R^5} dV .$$

Операция ROT производится по координатам точки наблюдения. Поэтому ROT можно перенести под знак интеграла и при дифференцировании считать J постоянным. Применяя формулу

$$\text{ROT}(FA) = F \text{ROTA} + \text{GRAD} F \times A ,$$

где F и A – любые скаляр и вектор, к произведению $\bar{J} \frac{1}{R}$ находим:

$$\text{ROT} \frac{\bar{J}}{R} = \text{GRAD} \frac{1}{R} \times \bar{J} = \frac{\bar{J} \times R}{R^3} ,$$

и, следовательно,

$$\bar{\Omega} = \frac{K}{C} \int \frac{\bar{J} \times R}{R^3} dV ,$$

что является аналогом закона Био и Савара.

3.4. ВОЛНОВОЕ УРАВНЕНИЕ

Поле в пустоте определяется уравнениями Максвелла, в которых надо положить $p = 0, J = 0$. Выпишем их еще раз:

$$\begin{aligned} \text{ROTE} &= -\frac{1}{C} \frac{\partial \Omega}{\partial t}, \text{DIV} \Omega = 0 \\ \text{ROT} \Omega &= \frac{1}{C} \frac{\partial G}{\partial t}, \text{DIV} G = 0 . \end{aligned}$$

Эти уравнения могут иметь отличные от нуля решения. Это значит, что поле может существовать даже при отсутствии каких бы то ни было зарядов.

Прежде всего, отметим, что эти поля обязательно должны быть переменными. Действительно, в противном случае $\frac{\partial \Omega}{\partial t} = \frac{\partial G}{\partial t} = 0$ и уравнения Максвелла переходят в уравнения постоянного поля, в которых, однако, теперь $p = 0$ и $J = 0$. Но решения этих уравнений при этом обращаются в нуль.

Введем уравнения, определяющие потенциалы волн. В силу неоднозначности потенциалов всегда можно наложить на них некоторое дополнительное условие. Выберем потенциалы волн так, чтобы скалярный потенциал был равен нулю:

$$T = 0 .$$

Тогда

$$G = \frac{\partial \gamma}{\partial t}, \Omega = -c \operatorname{ROT} \gamma .$$

Подставляя эти выражения в первое из уравнений второй пары уравнений Максвелла находим:

$$\operatorname{ROT} \operatorname{ROT} V = \operatorname{GRAD} \operatorname{DIV} V = \Delta V = -\frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 V}{\partial t^2} .$$

Несмотря на то, что мы уже наложили одно дополнительное условие на потенциалы, потенциал γ все еще не вполне однозначен. Именно, к нему можно прибавить градиент любой не зависящей от времени функции (не меняя при этом T). В частности, можно выбрать потенциал волны таким образом, чтобы

$$\operatorname{DIV} \gamma = 0 .$$

Действительно

$$\operatorname{DIV} G = \operatorname{DIV} \frac{\partial \gamma}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial t} \operatorname{DIV} \gamma = 0 ,$$

т.е. $\operatorname{DIV} \gamma$ есть функция от координат. Эту функцию всегда можно обратить в нуль прибавлением к γ градиента от соответствующей не зависящей от времени функции.

Тогда

$$\Delta \gamma - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \gamma}{\partial t^2} = 0 .$$

Это и есть уравнение, определяющее потенциал волн. Применяя к нему операции ROT и $\frac{\partial}{\partial t}$ убедимся в том, что напряженности G и Ω удовлетворяют таким же волновым уравнениям.

3.5. ПЛОСКИЕ ГРАВИТАЦИОННОГИРОСКОПНЫЕ ВОЛНЫ

Рассмотрим частный случай волн, когда поле зависит только от одной координаты, скажем X (и от времени). В этом случае уравнения поля принимают вид

$$\frac{1}{c} \frac{\partial F^2}{\partial t^2} - \frac{\partial F^2}{\partial X^2} = 0 ,$$

где под F подразумевается любая компонента векторов G или Ω . Для решения этого уравнения перепишем его в виде

$$\left(\frac{\partial}{\partial t} - c \frac{\partial}{\partial X} \right) \left(\frac{\partial}{\partial t} + c \frac{\partial}{\partial X} \right) F = 0$$

и введем новые переменные

$$\xi = t - \frac{X}{c}, \eta = t + \frac{X}{c},$$

так что

$$t = \frac{1}{2}(\eta + \xi), X = \frac{c}{2}(\eta - \xi).$$

Тогда

$$\frac{\partial}{\partial \xi} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial}{\partial t} - c \frac{\partial}{\partial X} \right), \frac{\partial}{\partial \eta} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial}{\partial t} + c \frac{\partial}{\partial X} \right)$$

и уравнение для F :

$$\frac{\partial^2 F}{\partial \xi \partial \eta} = 0.$$

Очевидно, что его решение имеет вид

$$F = F_1(\xi) + F_2(\eta),$$

где F_1 и F_2 – произвольные функции. Таким образом,

$$F = F_1 \left(t - \frac{X}{c} \right) + F_2 \left(t + \frac{X}{c} \right).$$

Пусть, например, $F_2 = 0$, так что $F = F_1 \left(t - \frac{X}{c} \right)$. Выясним смысл этого решения. В каждой плоскости $X = CONST$ поле меняется со временем; в каждый момент времени поле различно для разных X . Очевидно, что поле имеет одинаковое значение для координат X и моментов времени t , удовлетворяющих соотношениям

$$t - \frac{X}{c} = CONST, \text{ т. е. } X = CONST + Ct.$$

Это значит, что если в некоторый момент $t = 0$ в некоторой точке X пространства поле имело определенное значение, то через промежуток времени t то же самое значение поле имеет на расстоянии Ct вдоль оси X от первоначального места. Мы можем сказать, что все значения поля распространяются в пространстве вдоль оси X со скоростью, равной скорости света.

Таким образом, $F_1 \left(t - \frac{X}{c} \right)$ представляет собой плоскую волну, бегущую в положительном отрицательном направлении, оси X . Очевидно, что $F_2 \left(t + \frac{X}{c} \right)$ представляет собой волну, бегущую в противоположном, отрицательном, направлении оси X .

Потенциалы волны можно выбрать так, чтобы $T = 0$, причем $DIV \gamma = 0$. Условие $DIV \gamma = 0$ дает в этом случае

$$\frac{\partial \gamma}{\partial X} = 0.$$

Согласно волнового уравнения, будем иметь тогда и $\frac{\partial^2 \gamma}{\partial t^2} = 0$, т.е. $\frac{\partial \gamma}{\partial t} = CONST$. Но производная $\frac{\partial \gamma}{\partial t}$ определяет поле G и мы видим, что

отличная от нуля компонента γ означала бы в рассматриваемом случае наличие продольного постоянного поля G . Поскольку такое поле не имеет отношения к волне, то можно положить $\gamma = 0$.

Таким образом, векторный потенциал плоской волны может быть выбран перпендикулярным к оси X , т.е. к направлению распространения этой волны.

Рассмотрим плоскую волну, бегущую в положительном направлении X ; в такой волне все величины, в частности и γ , являются функциями только от $t - X/c$. Из формул

$$G = \frac{\partial \gamma}{\partial t}, \quad \Omega = -c \operatorname{ROT} \gamma$$

мы находим поэтому:

$$G = \gamma, \quad \Omega = -c(\nabla \times \gamma) = -c\left(\nabla\left(t - \frac{X}{c}\right) \times \gamma'\right) = N \times \gamma',$$

где штрих означает дифференцирование по $t - \frac{X}{c}$, а N — единичный вектор вдоль направления распространения волны. Подставляя первое равенство во второе, находим:

$$\Omega = N \times G.$$

Мы видим, что поля G и Ω плоской волны перпендикулярны к направлению распространения волны, т.е. волны в собственноевклидовом пространстве поперечны. Из последнего уравнения видно, что поля G и Ω плоской волны перпендикулярны друг другу и одинаковы по абсолютной величине.

Поток энергии в плоской волне:

$$S = \frac{c}{4\pi K} (G \times \Omega) = \frac{c}{4\pi K} G^2 N = \frac{c}{4\pi K} \Omega^2 N.$$

Таким образом, поток энергии в плоской волне направлен вдоль направления распространения волны и определяется скоростью света.

Поскольку

$$W = \frac{1}{8\pi K} (\Omega^2 + G^2) = \frac{G^2}{4\pi K},$$

есть плотность энергии волны, то для плоской волны можно написать

$$S = cWN.$$

Импульс единицы объема поля есть S/c^2 . Для плоской волны это дает

$$P = \frac{W}{c} - N.$$

Литература

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Краткий курс теоретической физики. Кн.1. Механика. Электродинамика. – М.: Наука.1969.–272 с.
2. Павлов А.В. Оптикоэлектронные приборы. – М.: Энергия, 1974. – 359с.

АВТОРЕФЕРАТЫ СТАТЕЙ, ОПУБЛИКОВАННЫХ В СБОРНИКЕ

УДК 115

Анисов А.М. Проблема времени и апории Зенона//Современная аналитика времени и мировоззрение (Современное состояние изучения времени: философский и теоретический аспекты)): сб. научн. тр./под ред. В.С.Чуракова (серия «Библиотека времени». Вып. 11). – Новочеркасск: Изд-во «НОК», 2014. – С. 75 – 92.

В статье логически анализируются апории Зенона Элейского о движении. Обосновывается тезис о том, что суть апорий не в понятии пространства, а в проблеме времени. Пространство может быть непрерывным, плотным или дискретным, тогда как время только дискретным. Лишь при таком понимании времени становится возможным *пошаговое* (на чём настаивал Зенон) описание процесса движения в любом пространстве. При этом число тактов времени и элементарных актов движения в типичном случае является трансфинитным.

Библ.: 19 наим.

УДК 114:[510.2:514.7]

Коротков А.В., Чураков В.С. Многомерные алгебры и структура пространства// Современная аналитика времени и мировоззрение (Современное состояние изучения времени: философский и теоретический аспекты): сб. научн. тр./под ред. В.С. Чуракова (серия «Библиотека времени». Вып.11). – Новочеркасск: Изд-во «НОК», 2014. – С. 5 – 23.

В работе рассмотрены вопросы описания силовых взаимодействий в области чрезвычайно малых расстояний, а также уточнения описания силовых взаимодействий в области привычных расстояний на базе использования многомерных векторных алгебр размерности 2^n-1 , степенных и экспоненциальных функций в формуле Планка при изменении показателя степени. Приведены графики зависимости кривой (Планка) с изменением показателя степени, длины волны, либо частоты излучения. Делается вывод о том, что *сущностью пространства является бинарность*, а гибрид пространство-время – это не физическая реальность, а теоретическая схема, применяемая для описания некоторых теоретических моделей. Пространство и время – это пространство и время – две принципи-

ально разные сущности, не сводимые насильственно к одной и не происходящие одна от другой.

Библ.: 18 наим., 6 рис.

УДК 515.6

Мельников Г.С. О применении би-финслероидной модели пространства-времени//Современная аналитика времени и мировоззрение (Современное состояние изучения времени: философский и теоретический аспекты)»: сб. научн. тр./под ред. В.С.Чуракова (серия «Библиотека времени». Вып. 11). – Новочеркасск: Изд-во «НОК», 2014. – С. 24 – 32.

Анализируется модель окружающего пространства-времени. В этой модели, пространство-время является фазовым ЛТ пространством с метрикой $3D + 3T$. Модель является развитием и уточнением модели пространства времени постулируемой А.Пуанкаре в виде структуры трёхмерной сферы, а её правомерность доказана Г. Перельманом.

В динамическом построении трёхмерная сфера описывает структуру четырёхмерного шара – би-финслероида. При моделировании трёхмерных сфер в параметрическом виде использовалась полугеодезическая система координат. Уравнения би-финслероидов выведены в виде предельного построения вписанных в сферу рациональных и иррациональных полюсных многогранников. Их фазовое сочленение описано кватернионными параметрическими функциями как обобщённые решения задач математических бильярдов в круге и сфере. Сами кватернионные аналитические функции получались по принципам алгебры Клиффорда (по варианту получения кватернионов из комплексных чисел.

$$Z_1=C_1+iC_2, Z_2=C_2+iC_1 \text{ и} \quad (1)$$

$$Z_3=C_1+C_2 \cdot i, Z_4=C_2+C_1 \cdot i \quad (2)$$

Поверхности бифинслероидов дважды претерпевают изменения значений кривизны с положительных значений (внешние поверхности би-финслероидов) на отрицательные значения (внутренние поверхности би-финслероидов). В окрестностях этих особых точек при построении (переходе с одной внешней поверхности финслероида на другую внешнюю поверхность другого финслероида) в построениях мы наблюдаем фазовый сдвиг на 90° , а строимые поверхности – двулистные. В слоях с Евклидовой метрикой луковичной модели структуры пространства-времени формируются рацио-

нальные конструкции в виде рациональных многогранников или двумерных сфер – это законченные на каждом уровне масштабов конструкции:

- электроны,
- протоны,
- атомы,
- молекулы кристаллических и аморфных конструкций,
- песчинки,
- булыжники и т.д.

В промежутках, на всех уровнях масштабов в зонах с гиперболическими ограничивающими поверхностями близкими к отрицательной кривизне располагаются «строительные кирпичи – «недострой»: – частицы, кварки, атомы с меньшими размерами, нано размерные объединения частиц (например, глинистые структуры, между песчинками), гравий между булыжниками и т. д.

Библ.: 14 наим., 2 рис.

УДК 616

Никонов Ю.В. О прогрессирующей амнезии, «метках времени» и сложных временных сетях//Современная аналитика времени и мировоззрение (Современное состояние изучения времени: философский и теоретический аспекты): сб. научн. тр./под ред. В.С.Чуракова (серия «Библиотека времени». Вып. 11). – Новочеркасск: Изд-во «НОК», 2014. – С. 33 – 45.

Предложена модель процесса развития прогрессирующей амнезии при дегенеративно-атрофических процессах головного мозга в виде сети нейронных узлов (соответствующих нейронной сети гиппокампа – основы временных меток воспоминаний) с убывающим в результате апоптоза количеством узлов-нейронов от более «молодых» поколений – результата неонейрогенеза к более «старым» поколениям нервных клеток. Модель объясняет последовательность утраты сетью информации о временной отнесенности воспоминаний: от фиксационной амнезии, утраты информации «новой», недавно зафиксированной, к все более «старой», полученной в прошлом. «Стирание» предсказанных Т.А. Доброхотовой и Н.Н. Брагиной временных меток, делает недоступным воспроизведение еще имеющейся в нейронах других отделов головного мозга информации о прошлом.

Библ.: 26 наим.

УДК 530

Никонов Ю.В. Память и время в модели индивидуальной сети ветвлений Эверетта человека // Современная аналитика времени и мировоззрение (Современное состояние изучения времени: философский и теоретический аспекты)»: сб. научн. тр./под ред. В.С.Чуракова (серия «Библиотека времени». Вып. 11). – Новочеркасск: Изд-во «НОК», 2014. – С. 46 – 62.

Предложена модель сопряженной динамики нейропластичности, функциональной асимметрии нейронных сетей головного мозга, состояния памяти и ветвлений индивидуальных сетей Эверетта в онтогенезе человека. Динамика интенсивности межнейронных связей, их оптимизация сопряжена с динамикой-оптимизацией индивидуальных эвереттических ветвлений прошлого и будущего в онтогенезе человека. Предполагается, что для реализации моделирования этой задачи оптимизации в настоящее время наиболее подходит процесс «квантового отжига» в адиабатическом квантовом компьютере D-Wave.

Библ.: 70 наим.

УДК 539.3

Федоровский Г.Д. Обобщенное время в механике деформирования и разрушения // Современная аналитика времени и мировоззрение (Современное состояние изучения времени: философский и теоретический аспекты)»: сб. научн. тр./под ред. В.С.Чуракова (серия «Библиотека времени». Вып. 11). – Новочеркасск: Изд-во «НОК», 2014. – С. 63 – 73.

Рассмотрены пути развития, результаты и примеры применения обобщенного времени (эндохронной концепции) в фундаментальной и прикладной механике линейной и нелинейной упруговязкопластичности, структурных переходов, повреждаемости и разрушения реологически сложных сред, позволяющего эффективно описывать механическое поведение сред. Проанализировано использование обобщенного времени с применением «горизонтального» и «вертикального» масштабов различной сложности и иерархии для преобразования определяющих функций с учетом предыстории физико-химико-механических воздействий и изменений. Данный подход позволяет прогнозировать поведение сред при малых и больших временах и осуществлять планирование специальных экспресс-испытаний материалов.

Библ.: 17 наим., рис.

УДК 115

Чураков В. С. Пространство и время в мифе// Современная аналитика времени и мировоззрение (Современное состояние изучения времени: философский и теоретический аспекты): сб. научн. тр./под ред. В.С. Чуракова (серия «Библиотека времени». Вып.11). – Новочеркасск: Изд-во «НОК», 2014. – С. 93 – 109.

Рассматриваются представления пространства и времени в мифах. В статье показывается, что во всех исследованиях, посвященных изучению мифов и мифологии, уделяется внимание представлениям пространства и времени.

Библ.: 51 наим.

АВТОРЫ СБОРНИКА

Анисов Александр Михайлович, Институт философии РАН, ведущий научный сотрудник, доктор философских наук, профессор.

Коротков Анатолий Васильевич, базовое образование: инженер-электрик, закончил Новочеркасский политехнический институт (НПИ) в 1967 году, кандидат технических наук, доктор физико-математических наук, доцент. Длительное время работал в ОКТБ «Старт» и «Орбита» (которые были задействованы в советской космической программе) в г. Новочеркасске. Область научных интересов – обоснование семимерного векторного исчисления (семимерной векторной алгебры, семимерной дифференциальной геометрии и семимерной теории поля) – как многомерной базы семимерной физической теории.

Коротков Владимир Анатольевич, в 1990 году учился в аспирантуре Новочеркасского политехнического института. В настоящее время – исполнительный директор ОАО «Шахтинский завод Гидропривод».

Мельников Геннадий Семёнович, Открытое Акционерное Общество «Государственный Оптический Институт им. С.И. Вавилова» (ОАО «ГОИ им. С.И. Вавилова»), старший научный сотрудник.

Никонов Юрий Викторович, врач-психиатр высшей квалификационной категории ФГБУЗ МСЧ №59 ФМБА России, г. Заречный Пензенской области.

Федоровский Георгий Дмитриевич, старший научный сотрудник кафедры теории упругости Санкт-Петербургского государственного университета, кандидат физико-математических наук, действительный член Международной академии холода.

Чураков Вадим Сергеевич, базовое образование: горный инженер-электрик, Шахтинский филиал НПИ в 1987 году, кандидат философских наук, доцент. Область научных интересов: изучение феномена времени, многозначные и многомерные булевы и небулевы алгебры логики А.В.Короткова в информатике и искусственном интеллекте, философский анализ онлайн-социальных сетей. Научный редактор серий «Библиотека времени» и «Семимерная парадигма А.В.Короткова в информатике, искусственном интеллекте и когнитологии».

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	1
РАЗДЕЛ I. НАУКА	4
Коротков А.В., Чураков В.С. Многомерные алгебры и структура пространства	5
Мельников Г.С. О применении би-финслероидной модели пространства-времени.....	24
Никонов Ю.В. О прогрессирующей амнезии, «метках времени» и сложных временных сетях	33
Никонов Ю.В. Память и время в модели индивидуальной сети ветвлений эверетта человека.....	46
Федоровский Г.Д. Обобщенное время в механике деформирования и разрушения.....	63
РАЗДЕЛ II. ФИЛОСОФИЯ	74
Анисов А.М. Проблема времени и апории Зенона	75
Чураков В.С. Пространство и время в мифе.....	93
АРХИВ ВРЕМЕНИ	110
Бенфи О.Т¹. Концепция времени в химии ²	111
Коротков А.В., Коротков В.А. Теория поля восьмерного псевдоевклидового пространства-времени	122
Коротков А.В., Коротков В.А. Теория гравитационно- гироскопного поля*	157
Авторефераты статей, опубликованных в сборнике	190
Авторы сборника.....	195

Научное издание

СОВРЕМЕННАЯ АНАЛИТИКА ВРЕМЕНИ
И МИРОВОЗЗРЕНИЕ

(Современное состояние изучения времени:
философский и теоретический аспекты)

Сборник научных трудов
Под науч. ред. В.С. Чуракова

Работы печатаются в авторской редакции

Техн. ред.: Г.А. Еримеев

Издательство «НаукаОбразованиеКультура»

346430 Новочеркасск, ул. Дворцовая, 1.

Подписано в печать 01.10.2014 г.

Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная. Печать цифровая.

Печ. л. 12,5. Тир. 500 экз.

Отпечатано ООО НПП «НОК»

346428 Новочеркасск, ул. Просвещения, 155А.