

DOI: 10.22363/2224-7580-2024-3-28-35

EDN: NPCVFN

ПАМЯТИ МОЕГО НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ ДМИТРИЯ ДМИТРИЕВИЧА ИВАНЕНКО

Б.Н. Фролов

*Московский педагогический государственный университет
Российская Федерация, 119991, Москва, ул. Малая Пироговская, д. 1, стр. 1*

Аннотация. Излагаются воспоминания автора о том времени, когда он был в 1960–1963 годы участником научного семинара физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, которым руководил профессор Дмитрий Дмитриевич Иваненко. Все это время Дмитрий Дмитриевич был научным руководителем автора как при выполнении дипломной работы, так затем и при работе над кандидатской диссертацией. Описывается получение под руководством Дмитрия Дмитриевича двух важных научных результатов. Первый из них состоит в создании Пуанкаре калибровочной теории гравитации, а второй – в применении 10-мерного пространства-времени для совместного описания пространственно-временных и внутренних изотопических свойств элементарных частиц.

Ключевые слова: научный семинар Дмитрия Дмитриевича Иваненко, Пуанкаре калибровочная теория гравитации, 10-мерное пространство-времени, изотопические свойства элементарных частиц

В связи с 30-летней годовщиной ухода из жизни моего научного руководителя Дмитрия Дмитриевича Иваненко попробую кратко описать свои впечатления от многолетнего общения с ним и научные результаты, явившиеся следствием этого общения.

Впервые вблизи я увидел Дмитрия Дмитриевича Иваненко на семинаре по теоретической физике физического факультета, которым он руководил. Как студент кафедры теоретической физики я был приглашен на этот семинар и сразу попал под обаяние его руководителя. На этом семинаре мне понравилось живое общение участников семинара при лидирующем участии руководителя семинара. Тематикой семинара являлись актуальные вопросы широкого спектра современной теоретической физики, но взяла верх склонность к работе над развитием теории гравитационного поля, что было следствием моего интереса к теории гравитации А. Эйнштейна.

Когда пришло время выбора научного руководителя, моим безусловным предпочтением был Дмитрий Дмитриевич, и я был очень рад, получив его согласие, и поэтому с 1960 года считаю себя учеником Дмитрия Дмитриевича Иваненко. В то время на семинаре широко обсуждалась гипотеза возможного уменьшения гравитационной постоянной, что было вызвано влиянием появившейся в то время известной статьи Дирака [1] о возможном изменении

гравитационной постоянной со временем. В связи с этим широко обсуждалась проблема возможного медленного расширения Земли как планеты.

В то время некоторые геологи и геофизики на основании климатических и геофизических данных, а также данных о скорости расширения рифта в Атлантическом океане утверждали о возможном расширении Земли со скоростью $v = 0,5$ мм в год. На этих данных возник мой первый научный результат. Я подставил это значение скорости в известную формулу Хаббла: $v = HR$ (H – постоянная Хаббла, R – радиус Земли) и получил достаточно хорошее совпадение. Хотя я и опубликовал следствие данного результата в Тезисах 1-й Советской гравитационной конференции [2], но широкого обсуждения этого результата не произошло ввиду его удивительного смысла.

В связи с изложенным следует указать, что имеются астрономические данные о медленном увеличении значения астрономической единицы (среднего расстояния от Земли до Солнца), а также об увеличении расстояния от Земли до Луны. Также опубликована работа в авторитетном журнале, в которой предполагается, что галактики медленно увеличивают свой размер в соответствии с формулой Хаббла, и как следствие этого решается вопрос об аномальных скоростях обращения звезд вокруг ядер спиральных галактик. Так что можно сформулировать альтернативную к современной космологии гипотезу, утверждающую о наличии тотального хаббловского расширения всего пространства, приводящего к увеличению всех размеров во Вселенной, а не только расстояния между галактиками. Но данное предположение не обсуждается среди специалистов по гравитации, очевидно, ввиду его явной крайности.

Результатом увлечения Дмитрия Дмитриевича (а также – моего) проблемой возможного уменьшения гравитационной постоянной явилась опубликованная в 1966 году совместная с Д.Д. Иваненко и В.С. Брежневым статья [3], а также совместная с Д.Д. Иваненко статья в геофизическом сборнике, в которой давались рекомендации по учету такой возможности, а также по возможному влиянию падающих на Землю гравитационных волн на сейсмическую активность. Постепенно интерес к проблеме возможного уменьшения гравитационной постоянной в мировой гравитационной науке иссяк, по-видимому, вследствие того, что этот эффект не получил должного экспериментального подтверждения.

Следующим достаточно прочным увлечением на семинаре было признание потенциалами гравитационного поля в общей теории относительности (ОТО) не компонент метрического тензора, а тетрадных коэффициентов (тетрад). Данный подход стимулировался известной классической работой В. Фока и Д. Иваненко 1929 года [4], посвященной проблеме параллельного переноса спиноров в ОТО, где, собственно, и появились впервые тетрады в теории гравитации. Дмитрий Дмитриевич стал говорить о тетрадной революции в ОТО.

По рекомендации Дмитрия Дмитриевича на этом направлении Владимиром Ивановичем Родичевым (активным участником семинара) и мною независимо были в 1962 году получены тетрадные выражения энергии-импульса

гравитационного поля в ОТО, замечательной особенностью которых было то, что их нельзя было изменить любыми преобразованиями координат пространства-времени [5]. Можно было сделать вывод, что данные результаты решают известную проблему отсутствия в метрическом формализме ОТО ковариантного выражения для тензора энергии-импульса гравитационного поля. Дмитрий Дмитриевич активно поддержал эти результаты.

Но вскоре выяснилось, что наши с В.И. Родичевым тетрадные комплексы не ковариантны относительно преобразований элементов касательного пространства – группой Лоренца с параметрами, зависящими от координат пространства-времени (это преобразование впоследствии было названо преобразованием под действием локальной группы Лоренца). Так что решения проблемы энергии-импульса гравитационного поля не получилось также и в тетрадном формализме ОТО. Я в своих последующих исследованиях до сих пор продолжаю работать в тетрадном формализме, используя внешнее дифференциальное исчисление, которое представляет собой дальнейшее развитие тетрадного формализма [6].

Наряду с тетрадной революцией Дмитрий Дмитриевич был увлечен проблемой обобщения ОТО на пространства, содержащие кроме кривизны также другую геометрическую характеристику, называемую кручением. Важный результат был получен В.И. Родичевым [7], который вариационным методом в пространстве с кручением получил нелинейное обобщение спинорного уравнения Дирака, по своей форме совпадающего с полученным ранее Д.Д. Иваненко нелинейным спинорным уравнением [8]. Это уравнение получило название уравнения Иваненко – Гейзенберга благодаря работам Гейзенберга, который в 1950-х годах переоткрыл это уравнение. Дмитрий Дмитриевич активно пропагандировал возможность обобщения ОТО на пространства с кручением, и его интерес к этой проблеме никогда не исчезал.

В это же время (1960-е годы) еще одним прочным увлечением Дмитрия Дмитриевича стала проблема калибровочных преобразований в физике фундаментальных взаимодействий, с которой участники семинара познакомились из докладов на семинаре по применению этих идей в сильных взаимодействиях. Под калибровочными преобразованиями понимаются преобразования потенциалов физических полей под действием групп симметрий этих полей с параметрами, зависящими от координат пространства-времени. Идея калибровочных преобразований восходит к работам Г. Вейля по электромагнитному полю [9], но впервые в физике сильных взаимодействий была применена в известной работе Янга и Миллса [10].

После доклада на семинаре по данной теме у Дмитрия Дмитриевича, постоянного участника семинара Генриха Абрамовича Соколика, возникла идея о возможности применения идей калибровочных преобразований в ОТО, если в качестве калибровочной группы применить указанные выше преобразования элементов касательного пространства группой Лоренца с параметрами, зависящими от координат пространства-времени, то есть так называемую локализованную группу Лоренца. Дмитрий Дмитриевич активно включился в разработку этой идеи, но вскоре выяснилось, что данная идея уже была

реализована японским физиком Р. Утиямой [11]. По данной теме была опубликована совместная работа А.М. Бродского, Д. Иваненко и Г.А. Соколика [12], содержащая существенно новые результаты по сравнению с работой Р. Утиямы.

По теме калибровочных преобразований был получен мой второй научный результат. В качестве калибровочной группы было предложено рассматривать локальную группу Лоренца, дополненную локализованными 4-мерными трансляциями пространства-времени, то есть локализованную неоднородную группу Лоренца, которая носит название группы Пуанкаре. Обоснование заключалось в том, что именно группа Пуанкаре с геометрической точки зрения является фундаментальной группой 4-мерного пространства-времени.

Когда я на семинаре доложил свои соображения, Дмитрий Дмитриевич и Г.А. Соколик сразу поддержали высказанные идеи. Данная тема исследований была одобрена в качестве моей дипломной работы. В процессе разработки темы Дмитрий Дмитриевич оказывал консультации и делал существенные замечания. На защите дипломной работы рецензентом был назначен Г.А. Соколик. По результатам дипломной работы я в 1962 году отправил доклад на IV Межвузовскую конференцию по физике элементарных частиц (Ужгород, 1962) [13], а полная публикация была осуществлена в 1963 году в журнале «Вестник МГУ» [14].

Тема калибровочных преобразований (для которых Дмитрий Дмитриевич ввел специальный термин «компенсирующие преобразования») была признана Дмитрием Дмитриевичем настолько актуальной, что им было принято решение об издании сборника переводов иностранных статей по данной тематике, которое он осуществил в 1964 году [15]. К этому сборнику им была написана обширная вступительная статья, из которой многочисленные читатели могли узнать о современном состоянии теории элементарных частиц и компенсирующих полей. В этой статье Дмитрий Дмитриевич весьма положительно охарактеризовал мою (а фактически совместную с ним) работу, несколько раз процитировав ее в своей вступительной статье.

При подборе статей для данного сборника неожиданно была обнаружена статья Киббла 1961 года [16], также посвященная построению теории на основе локализации неоднородной группы Лоренца. При ближайшем рассмотрении выяснилось, что по своим результатам обе теории, моя и Киббла, сильно отличались. Хотя обе теории требовали существования кручения пространства-времени, тем не менее они отличались тем, что в моей теории в качестве лагранжиана использовался квадрат тензора кривизны, что вытекало из необходимости соответствия калибровочным теориям других фундаментальных полей, в то время как у Киббла в качестве лагранжиана использовался скаляр кривизны, что приводило к различным уравнениям гравитационного поля. Следует отметить, что Дмитрий Дмитриевич отдавал предпочтение именно нашему с ним подходу к Пуанкаре калибровочной теории гравитации. Так, в своей работе [17], обобщающей результаты использования

тетрадного и калибровочного подходов к теории гравитации, он цитирует мою работу, но не цитирует (а только упоминает) работу Киббла.

После окончания курса университета я в 1963 году поступил в аспирантуру по кафедре теоретической физики. Моим научным руководителем по-прежнему оставался Дмитрий Дмитриевич. Во время пребывания в аспирантуре я, кроме продолжения работы над Пуанкаре калибровочной теорией гравитации, принял участие в получении еще одного научного результата. Дмитрий Дмитриевич дал мне задание продолжить его известную работу (совместную с Г.А. Соколиком) [18] об объединенном описании пространственно-временных и изотопических свойств элементарных частиц. После изучения проблемы и свойств тензора кривизны 4-мерного пространства Римана. Мною было предложено осуществить указанное объединенное описание свойств гравитационного поля и элементарных частиц в многомерном (10-мерном) римановом пространстве. В частности, при таком подходе возникает объединенное описание СРТ-теоремы, что позволяет понять возможное СРТ-несохранение в 4-мерном пространстве, возможность которого обсуждалась в то время в физике элементарных частиц. Дмитрий Дмитриевич одобрил эту идею и дал рекомендации по завершению работы и написанию соответствующей статьи, которая была опубликована в журнале «„Вестник МГУ“» [19].



После семинара Д.Д. Иваненко (1967 г.): А.А. Соколов, Д.Д. Иваненко, Ю.С. Владимиров, А.С. Жукарев, А.А. Старцев, Б.Н. Фролов, Фи (Вьетнам), Д.Ф. Курдгелайдзе

В своей статье я изложил работу научного семинара Дмитрия Дмитриевича, его роль научного руководителя как всего семинара, так и лично моего, а также описал научные результаты, полученные с моим участием. Я мало написал о деятельности других участников семинара, чтобы не вдаваться в

детали. Хочется только подчеркнуть огромную научную и организующую роль Юрия Сергеевича Владимировича как участника семинара, так и продолжателя существования семинара после ухода Дмитрия Дмитриевича, возглавившего деятельность семинара вплоть до настоящего времени.

Что касается описанных научных результатов, полученных мною совместно с Дмитрием Дмитриевичем как моим научным руководителем, то я считаю их весьма важными. Так, Пуанкаре калибровочная теория гравитации (открытая независимо от Киббла) находится в логическом соответствии с калибровочными теориями других фундаментальных полей (о чем я неоднократно сообщал в своих докладах и публикациях). Эта теория обобщает достижения ОТО и предлагает решения ряда трудностей ОТО, например проблемы энергии-импульса гравитационного поля. С моей точки зрения, Пуанкаре калибровочная теория гравитации должна быть признана естественным продолжением ОТО. Но подобная точка зрения в российской гравитации в настоящее время не обсуждается ввиду почти полного отсутствия информации о существовании и свойствах Пуанкаре калибровочной теории гравитации.

Использование для описания фундаментальных взаимодействий многомерных пространств (10-мерного или 11-мерного) в настоящее время является общепринятым в работах как иностранных, так и российских исследователей. Но никому из них неизвестно, что 10-мерное совместное описание пространственно-временных и внутренних изотопических взаимодействий элементарных частиц, возможно впервые в мировой литературе, было предложено именно в нашей совместной с Дмитрием Дмитриевичем работе [19].

Подобное отсутствие широкой осведомленности о важных российских открытиях в современной гравитационной физике, происходивших при руководящей роли Дмитрия Дмитриевича, можно поставить в упрек историкам науки, которые, возможно, должны активнее информировать о значительных достижениях российской науки, особенно если это касается таких ее выдающихся представителей, как Д.Д. Иваненко, который по общепринятому мнению причислен к великим ученым XX века [20]. Указанные в статье научные результаты, сделанные с его участием, следует включить в общий перечень его выдающихся научных достижений. И должен быть утвержден приоритет российской науки на эти результаты.

Светлая память о Дмитрии Дмитриевиче Иваненко навсегда останется в сердцах его учеников.

Литература

1. *Dirac P. A. M.* The Cosmological Constants // *Natur.* 1937. 20. P. 323.
2. *Фролов Б. Н.* О космологических следствиях гипотезы уменьшения гравитационной постоянной. Тезисы и программа 1-й Советской гравитационной конференции. 27–30 июня 1961 г. М.: Изд. Моск. ун-та, 1961. С. 165–167.
3. *Брежнев В. С., Иваненко Д. Д., Фролов Б. Н.* Возможная интерпретация дираковской гипотезы об уменьшении тяготения на базе нового решения уравнений Эйнштейна // *Известия вузов СССР.* 1966. № 6. С. 119–121.

4. *Fock V., Ivanenko D.* Compt. Rend. Acad. Sci. Paris. 1929, 188, 1470–1472.
5. *Фролов Б. Н.* Об истинном тензоре энергии-импульса гравитационного поля // Вестник МГУ (сер. физ., астроном.). 1964. № 2. С. 56–63.
6. *Бабурова О. В., Фролов Б. Н.* Математические основы современной теории гравитации. М.: МПГУ: Прометей, 2012. 128 с.
7. *Родичев В. И.* Пространство с кручением и нелинейные уравнения поля // ЖЭТФ. 1961. 40. 1469–1472.
8. *Иваненко Д. Д.* Замечание о теории взаимодействия через частицы // ЖЭТФ. 1938. 8. 260–266.
9. *Вейль Г.* Электрон и гравитация (1929 г.). Перевод в сб.: Герман Вейль. Математика. Теоретическая физика. М.: Наука, 1984. С. 198–218.
10. *Yang C. N., Mills R. L.* Conservation of Isotopic Spin and Isotopic Gauge Invariance // Phys. Rev. 1954. Vol. 96. 191–195.
11. *Utiyama R.* Invariant theoretical interpretation of interactions // Phys. Rev. 1956. Vol. 101. 1597–1607.
12. *Бродский А. М., Иваненко Д., Соколик Г. А.* Новая трактовка гравитационного поля // ЖЭТФ. 1961. 41. 1307–1039.
13. *Фролов Б. Н.* Принцип локальной инвариантности и гравитационное поле IV Всесоюзной межвузовской конференции по теории элементарных частиц. Ужгород: Ужгородский гос. ун-т, 1962. С. 7.
14. *Фролов Б. Н.* Принцип локальной инвариантности и теорема Нетер // Вестник МГУ (сер. физ., астроном.). 1963. № 6. С. 48–58.
15. Элементарные частицы и компенсирующие поля: сборник статей / под ред. Д. Иваненко. М.: МИР, 1964. 300 с.
16. *Kibble T. W. B.* Lorentz invariance and the gravitational field // J. Math. Phys. 1961. Vol. 2. P. 212–221.
17. *Ivanenko D.* Tetradic and compensational theory of gravitation // Comptes rendus l'Acad'emic bulgare Sciences. 1964. Vol. 17. P. 801–804.
18. *Ivanenko D., Sokolik A.* Unified description of ordinary and isotopic space // Nuovo Cim. 1957. Vol. 10. P. 226–229.
19. *Иваненко Д. Д., Фролов Б. Н.* Объединенное описание изотопических и пространственно-временных свойств элементарных частиц // Вестник МГУ (сер. физика, астрономия). 1967. № 3. С. 106–107.
20. Космос, время, энергия: сборник статей, посвященных 100-летию Д.Д. Иваненко. М.: Белка, 2004. 415 с.

**IN MEMORY OF MY SUPERVISOR
DMITRY DMITRIEVICH IVANENKO**

B.N. Frolov

*Moscow Pedagogical State University
Bldg 1, 1 Malaya Pirogovskaya St, Moscow, 119991, Russian Federation*

Abstract. The author's memoirs are presented about the time when he was a participant in the scientific seminar of the Faculty of Physics of Moscow State University in 1960–1963, which was led by Professor Dmitry Dmitrievich Ivanenko. All this time, Dmitry Dmitrievich was the author's supervisor, both when completing his thesis and then when working on his candidate's dissertation. The obtaining of two important scientific results under the leadership of Dmitry Dmitrievich is described. The first of them is the creation of a Poincaré gauge theory of gravity, and the second is the use of 10-dimensional space-time for a joint description of the space-time and internal isotopic properties of elementary particles.

Keywords: scientific seminar of Dmitry Dmitrievich Ivanenko, Poincaré gauge theory of gravity, 10-dimensional space-time, isotopic properties of elementary particles.