

А.Д. АЛЕКСАНДРОВ КАК ФИЗИК: ОТКРЫТИЕ НОВОГО ТИПА СВЯЗИ ТЕЛ

А.К. Гуц

д.ф.-м.н., профессор, e-mail: guts@omsu.ru

Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского, Омск, Россия

Аннотация. Дается обзор работ А.Д. Александра по квантовой механике, теории относительности и хроногеометрии. Показано, что эти работы были оригинальными и были открытием в каждой их рассматриваемой области физики.

Ключевые слова: А.Д. Александров, квантовая механика, вывод уравнений Шредингера, теория абсолютного пространства-времени, абсолютное движение, хроногеометрия, несиловое воздействие, запутанность .

Александров Александр Данилович окончил в 1933 году физическое отделение физико-математического факультета Ленинградского университета по специальности «теоретическая физика». Его дипломная работа называлась «Вычисление энергии двухвалентного атома по методу Фока» и была опубликована в ЖЭТФ в 1934 году [1]:

1. О вычислении энергии двухвалентного атома по методу Фока // Журн. эксперим. и теорет. физики. 1934. Т. 4, вып. 4. С. 326–341.

1. Мир – это квантовая реальность

В том же 1934 году в «Докладах Академии наук СССР» вышла вторая статья А.Д. Александра по физике [3]. В ней было показано, что основные соотношения квантовой механики – коммутационные соотношения и уравнение Шредингера можно вывести практически из ньютоновской физики за счет небольшой переформулировки классических постулатов.

Результат А.Д. Александра становится более наглядным при его аксиоматическом изложении [8].

Аксиомы квантовой механики

Аксиома КМ₁. Физическое состояние тела описывается некоторой величиной ψ , которая принимает комплексные значения, меняющиеся при переходе от одной точки (события) в пространстве-времени к другой. Иначе говоря, полагаем, что

$$\psi = \psi(x, y, x, t).$$

Каждое тела характеризуется средними значениями координат $\langle \vec{r} \rangle = (\langle x \rangle, \langle y \rangle, \langle z \rangle)$ местонахождения тела:

$$\begin{aligned}\langle x \rangle &= \int \bar{\psi}(x, y, x, t)x\psi(x, y, x, t)dxdydz, \\ \langle y \rangle &= \int \bar{\psi}(x, y, x, t)y\psi(x, y, x, t)dxdydz, \\ \langle z \rangle &= \int \bar{\psi}(x, y, x, t)z\psi(x, y, x, t)dxdydz.\end{aligned}$$

Аксиома КМ₂. Пусть тело находится в потенциальном поле $U(x, y, z, t)$. Примем, как постулат, следующее уравнение движения тела с массой m в поле U :

$$m \frac{d^2}{dt^2} \langle \vec{r} \rangle = \int \bar{\psi}(x, y, x, t)(\nabla U)\psi(x, y, x, t)dxdydz. \quad (1)$$

Для того чтобы описывать физические состояния тела, нам теперь требуется уравнения движения для функции $\psi(x, y, x, t)$, которую будем называть *волновой функцией* или *ψ -функцией*.

Определим оператор импульса \hat{p} с помощью уравнения

$$m \frac{\partial}{\partial t} \int \bar{\psi} x \psi d\tau = \int \bar{\psi} \hat{p} \psi d\tau.$$

Тогда уравнение (1) переписывается в виде

$$\frac{\partial}{\partial t} \int \bar{\psi} \hat{p} \psi d\tau = \int \bar{\psi} \frac{\partial U}{\partial x} \psi d\tau.$$

Для краткости ограничимся рассмотрением одномерного случая.

Теорема 1.1. (А.Д. Александров, 1934) *Существует действительное число \hbar такое, что справедливо равенство*

$$\hat{p}x - x\hat{p} = -i\hbar. \quad (2)$$

Теорема 1.2 (А.Д. Александров, 1934). *Волновая функция удовлетворяет уравнению движения*

$$i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t} = \left(\frac{1}{2m} \hat{p}^2 + U \right) \psi, \quad (3)$$

называемого уравнением Шрёдингера.

ВЫВОД. Квантовая механика – это модифицированная механика Ньютона, в которой состояния тел характеризуются волновой функцией, а уравнение Шрёдингера – следствие уравнения Ньютона.

И это через год после окончания университета! Кстати, статью в «Доклады» представил академик С.И. Вавилов – выдающийся советский физик, открывший в это время эффект Вавилова-Черенкова, за что Черенкову в 1958 году, уже после смерти Вавилова, была присуждена Нобелевская премия. .

2. Другие довоенные статьи

С 1930 по 1932 год А.Д. Александров – сотрудник Государственного Оптического института; с 1932 по 1936 год – Физического института ЛГУ. Следующие две его публикации соответствуют тематике институтов:

1. Рассеяние света в бесконечном плоском слое // Тр. Оптич. ин-та. 1936. Т. 11, вып. 99. С. 56–71. (совм. с Н. Г. Болдыревым).
2. Ошибки колориметрических измерений и метрика цветового пространства // Журн. эксперим. и теорет. физики. 1937. Т. 7, вып. 6. С. 785–791.

3. О квантовой механике и не только

После войны в СССР происходят идеологические «чистки», т. е. проверка работ ученых на соответствие их содержания положениям диалектического материализма (диамата).

Под прицел рьяных защитников диамата попадают исследования по генетике, квантовой механике и теории относительности. Генетика попала под разгром на печально известной сессии Всесоюзной Академии сельскохозяйственных наук 1948 года.

А вот с «очищением» физики «идеологам» пришлось отступить. Физики создавали в это время ядерное оружие, поэтому нашли защиту в правительстве.

А.Д. Александров был не только физиком, но и философом, и в силу своих коммунистических воззрений был одним из тех, кто разъяснял, в том числе и в публикациях, что не надо путать квантовую механику и теорию относительности с идеалистическими взглядами на них тех или иных ученых:

1. Против идеализма и путаницы в понимании квантовой механики // Вестн. ЛГУ. 1949. № 4. С. 48–68.
2. Принцип неопределенности и партийность в науке: [Сокращ. докл. на филос. семинаре «Обсуждение философского содержания принципа неопределенности в квантовой механике»] // Ленингр. ун-т. 1949. 12 янв.

Естественно, физики в своей массе далеки от философии и тем более от идеологии. Они болезненно и с опаской относятся к тому, что их работы начинают изучать на предмет соответствия идеологическим установкам государства. В сталинские времена (и не только) за обнаружение отклонений от диамата можно было лишиться не только работы, а то и свободы. Так было с генетиками.

А.Д. Александров с 1951 года, будучи членом КПСС, и идейным марксистом давал подчас идеологические оценки работам разных ученых, и отголоски этих оценок долетают до наших дней. Особенно памятно его участие в оценке работ Л.И. Мандельштама в 1952 году [7].

Кстати, после участие в том памятном январском собрании в ФИАН А.Д. Александров был назначен ректором ЛГУ (апрель 1952 г.). Сказать, что власть вознаградила его за верность идеологическим установкам было бы не просто неверным, но и оскорбительным по отношению к памяти великого геометра. Александр Данилович поступал в соответствии со своими марксистскими убеждениями и с совестью ученого (см. рис. 1): если нечто виделось им как ошибочное, то он прямо об этом говорил, не взирая на авторитеты, которым, в частности, в той ситуации был авторитет Л.И. Мандельштама. Дальнейшая жизнь А.Д. Александрова полна примеров, когда он поступал, следуя своей совести, а не желаниям начальства. Достаточно вспомнить случай, когда он единственный в зале поднял руку «против» на сессии Верховного Совета РСФСР 5-го созыва при голосовании закона, вводящего смертную казнь за валютные операции с приданием этой норме обратной силы.

Наша задача не в том, чтобы...
Поможет ли наука решить эти проблемы?
Защита - цель!
3 февраля 1995 года № 21 (27439) 2

ПОКЛОНЯТЬСЯ ТОЛЬКО ИСТИНЕ

Как уже сообщала «Правда», накануне открытия III съезда КПРФ Министерство юстиции РФ зарегистрировало новое научное общество — «Российские ученые социалистической ориентации». РУСО уже начало активно работать. В него входят не только ученые-обществоведы, но и специалисты естественных наук, техники, математики. Со словами напутствия к новому обществу и его членам обратился один из ветеранов отечественной науки, всемирно известный математик, действительный член Российской академии наук Александр Данилович Александров. Сегодня «Правда» публикует его напутствие.

Поддерживая создание общества «Российские ученые социалистической ориентации», я хотел бы высказать свое видение задач, стоящих перед нашей организацией.

Задача ученого в его научно-профессиональной деятельности состоит в отыскании и утверждении объективной истины. Соответственно, в этом же должна состоять задача организации РУСО и каждого ее члена: выяснение, утверждение, распространение истины о происходящих событиях, о положении в стране, о ее прошлом... Эта задача тем более актуальна, что общественная атмосфера наполнена у нас ложью, которая распространяется средствами массовой информации и даже академический журнал. Распространяется многими профессиональными учеными, представителями науки.

Речь прежде всего идет о фактах. Их искажают, подтасовывают, выбирают и

истолковывают, следуя своим интересам, политическим задачам. Но они должны восприниматься и излагаться в подлинном виде, без предвзятого освещения и толкования, не в желаемом выборе, а в объективной связи и совокупности. Между тем в поношении прошлого нашей страны ныне деятели науки дошли до того, что замечают такой факт, как запуск первого спутника и первого космонавта. Но именно ими было положено начало новой эры в истории человечества — эры выхода в космос.

Необходимо утверждать научный подход не только в отношении подлинности фактов, но и в выяснении их содержания, значения, причин. Научный подход требует добывания

постоянную критичность. Он категорически исключает всякий догматизм и подчинение целям, идущим не из потребностей познания. Нельзя допустить, чтобы социалистическая ориентация влияла на отбор фактов и выводов. Научный подход требует безусловной правдивости и решительно противен

всякому лицемерию. Поэтому, в частности, он противен церкви, которая проповедует заповедь «не убий» и в то же время освящает орудия убийства...

Научный подход, научная позиция требуют точности понятий, точности употребляемых терминов, тем более что один и те же слова употребляются сплошь и рядом в разных смыслах. Так, провозглашая «реформы», не уточняя, какие. «Демократия» — в каком смысле? То же касается таких понятий, как «марксизм», «социализм», «коммунизм».

По определению, данному Лениным, «марксизм — система взглядов и учений К. Маркса». Далее «марксизм» или «марксизм-ленинизм» определяли как идеоло-

гию рабочего класса, как «науку», подчиненную требованию партийности. Но для Маркса наука — первична. Человека, который стремится приспособить науку к точке зрения, взятой не из науки, чуждой ей, он называл «языком». Таким образом, «марксизм» в этом понимании противоположен подлинному

марксизму, и все его проповедники — люди «низкие» с точки зрения К. Маркса.

Учение и взгляды Маркса складывались в другую историческую эпоху и теперь во многом устарели. Но сохраняется «душа марксизма» (по словам Ленина) — диалектика, «конкретный анализ конкретной ситуации», соединение последовательной научности с активным гуманизмом.

Социализм в СССР был осуществлен. Однако не в полной мере. Так, в нем не действовал «основной экономический закон социализма», состоящий «в максимальном удовлетворении постоянно растущих потребностей путем развития производства на основе высшей техники». Но социализм как строй, при котором осуществляется государ-

ственное регулирование производства в интересах всех членов общества, происходит объединение государства, представляется неизбежным будущим для всего человечества. Иначе человечество не сможет благополучно выжить. Достаточно вспомнить об экологических угрозах и росте на селе. Поэтому «социалистическая ориентация» представляет собой неизбежную необходимость. А процесс идущий у нас в стране, в СНГ, представляет собой преступление.

Дух науки дает, в частности, высокие постановки моральных проблем, потому что он направляет мысль на выяснение оснований и причин. Организация ученых социалистической ориентации должна иметь свой печатный орган — ежемесячную газету или журнал, посвященный фактам, анализу и выводам в духе науки, разоблачению лжи.

Это, конечно, не все задачи, которые должны стоять перед объединением ученых. Но, на мой взгляд, они основные, важнейшие.

Желаю успехов ученым, объединившимся для борьбы за социалистическую идею.

Академик
А. Д. АЛЕКСАНДРОВ.
Лауреат Ленинской премии.

Рис. 1. Статья А.Д. Александрова в «Правде» от 3.02.1995 г.

4. Статьи по теории относительности

Двадцатый век начался с кардинальных изменений в теоретической физике. Зарождалась квантовая механика, и, естественно, что А.Д. Александров «отметился» здесь своими первыми научными статьями. Другая область грандиозных изменений – это теория относительности: в начале появляется специальная теория относительности (СТО), а следом – общая теория относительности (ОТО). Основой обеих этих теорий является понятие единого, *абсолютного пространства-времени*, и соответственно, понятия пространства и времени следуют считать относительными¹.

Пространство-время – это реальная сущность, физическая реальность, существование которой может быть подтверждено экспериментально!

Таким образом, утверждение об абсолютности пространства-времени есть утверждение о его реальности!

Эйнштейн – создатель СТО и ОТО, этого не осознавал. Более того, когда о сущности теорий, т. е. об едином, реальном пространстве-времени – Мире событий заговорил в 1908 году Герман Минковский, Эйнштейн еще тринадцать лет осторожничал и заявил об этом только в его лекциях о сущности теории относительности в Принстоне в 1921 году [34, с. 25], текст которых был недо-ступен А.Д. в 1950-е годы:

*«Физической реальностью обладает не точка пространства и не момент времени, когда что-либо произошло, а только само событие. <..> Точно так же, как с ньютоновской точки зрения оказалось необходимым ввести постулаты *tempus est absolutum, spatium est absolutum*², так с точки зрения специальной теории относительности мы должны объявить *continuum spatii et temporis est absolutum*³. В этом последнем утверждении *absolutum* означает не только «физически реальный», но также «независимый по своим физическим свойствам, оказывающий физическое действие, но сам от физических условий не зависящий»».*

Здесь событие – это точка пространства-времени [5].

К этому моменту СТО уже была признана, а ОТО прошла триумфальную проверку, и можно было задуматься о ее точной и верной формулировке.

Отметим, что хотя пространство-время в ОТО А.Д. Александровым признавалось как реальность, прилагательное «абсолютное» он заменял на «не совсем абсолютное», поскольку структура пространства-времени в ОТО явно зависит

¹Здесь А.Д. Александров отталкивался от философии, в которой «абсолютное» и «относительное» – философские категории; абсолютное – безусловное, само по себе сущее, вечное, всеобщее; относительное – условное, преходящее, временное.

²Время абсолютно, пространство абсолютно (лат.).

³Пространственно-временной континуум абсолютен (лат.)

от распределения масс материи и, следовательно, эта структура не является абсолютной [6, с. 103], т.е. пространство-время в ОТО является *от физических условий зависящим*.

А.Д. Александров все 1950-е годы неустанно разъяснял физикам основополагающее понятие теории относительности. Делать ему это было крайне трудно. В те годы балом правил Лев Ландау, в учебниках которого теория относительности – это теория инвариантности законов физики относительно инерциальных систем отсчета. Объединенное 4-мерное пространство-время для него не реальность, а удобное геометрическое представление, используемое для решения задач:

«Часто полезно из соображения наглядности пользоваться воображаемым четырехмерным пространством, на осях которого откладываются три пространственные координаты и время» [4, с. 17]

Как видим, у Ландау пространство-время – это воображаемое пространство⁴. С этим представлением, воспитываемым у физиком, пришлось буквально бороться А.Д. Александрову. А ведь речь шла о том, какова структура окружающего нас Мира.

А.Д.Александров поясняет:

Можно вспомнить, что геометрия у Евклида излагалась без всяких координат, т.е. без систем отсчета. Так не возможна ли и теория пространства и время без систем отсчета? И не являются ли сами пространство и время, как все величины, относительность которых установила теория Эйнштейна, лишь проявлениями в разных системах отсчета чего-то безотносительного, абсолютного?

Теория относительности открыла связь между пространством и временем. Такая связь содержится уже в самом постоянстве скорости света. Эта скорость есть отношение пути ко времени, и, стало быть, ее постоянство, равенство во всех системах отсчета означает универсальную связь между пространственными и временными величинами. Абсолютное должно заключаться не в пространстве и времени самих по себе, а в их соединении. Это осознал Минковский и выразил в словах, которыми он закончил свою знаменитую лекцию «Пространство и время»: «Возрения на пространство и время, которые я намерен перед вами развить, возникли на экспериментально-физической основе. И в этом их сила. Их тенденция радикальна. Отныне пространство само по себе и время само по себе должны обратиться в фикции и лишь некоторый вид соединения обоих должен еще сохранить самостоятельность» [6, с. 99-100].

⁴В издании «Теории поля» 1941 года вообще сказано, что пространство-время является фиктивным [5]

В какой форме шла «борьба» за абсолютное пространство-время, за его реальность, за сущность теории относительности? В форме статей и докладов. Перечислим их:

1. О сущности теории относительности // Вестн. ЛГУ. 1953. № 8, сер. математики, физики и химии. Вып. 3. С. 103–128.
2. По поводу некоторых взглядов на теорию относительности // Вопр. философии. 1953. № 5. С. 225–245.
3. Относительности теория (теоретико-познавательное значение) // БСЭ. 2-е изд. 1955. Т. 31. С. 411–413.
4. [О философской трактовке теории относительности: Крат. содерж. докл.] // Вестн. АН СССР. 1956. № 10. С. 96–97.
5. The space-time of the theory of relativity // Fünfzig Jahre Relativitätstheorie, Bern, 1955. Basel, 1956. P. 44–45.
6. The space-time of the theory of relativity // Helvetica physica acta. 1956. Suppl., No. 4. P. 44–45.
7. Философское содержание и значение теории относительности. 1958. 35 с. (Материалы к Всесоюз. совещ. по филос. вопр. естествознания).
8. Теория относительности как теория абсолютного пространства-времени // Философские вопросы современной физики. М., 1959. С. 269–323.
9. Философское содержание и значение теории относительности // Философские проблемы современного естествознания: Тр. Всесоюз. совещ. по филос. вопр. естествознания. М., 1959. С. 93–136.
10. Заключительное слово // Там же. С. 573–575.
11. Философское содержание и значение теории относительности: [Сокращ. докл. по филос. вопр. естествознания] // Вопр. философии. 1959. № 1. С. 67–84.

А что физики? Воспитанные в духе систем отсчета, они именовали А.Д. Александрова математиком, который, конечно же, ничего не смыслит в физике.

Интересный факт – статью «Теория относительности» в «Большой советской энциклопедии» была написана не профессиональным физиком по должности, а геометром, физиком по воспитанию, философом по призванию – А.Д. Александровым:

Относительности теория (теоретико-познавательное значение) // БСЭ. 2-е изд. 1955. Т. 31. С. 411–413.

Сравнение этой в БСЭ, написанной А.Д. (а также второй статьи на эту же тему, написанной В.А. Фоком) и аналогичной статьи из 3-его издания не в пользу последней. Например, ее автор пишет:

«Физическая теория, рассматривающая пространственно-временные свойства физических процессов. Закономерности, устанавливаемые О. т., являются общими для всех физических процессов, поэтому часто о них говорят просто как о свойствах пространства-времени. Как было установлено А. Эйнштейном, эти свойства зависят от гравитационных полей (полей тяготения), действующих в данной области пространства-времени. Свойства пространства-времени при наличии полей тяготения исследуются в общей теории относительности (ОТО), называются также теорией тяготения (см. Тяготение)» (БСЭ. 3-е издание).

Свойства пространства-времени зависят от гравитационных полей? Но ведь суть ОТО в том, что такое свойство пространства-времени как кривизна и есть гравитационное поле! И это нам преподносит основную идею Эйнштейна физик-ядерщик!? И кому понадобилось заменить в БСЭ статьи, написанные выдающимися учеными, на текст, начинающийся с неверного изложения идей Эйнштейна.

Фок в своей статье в БСЭ говорит так: «Короче говоря, массы определяют метрику пространства и времени, а метрика пространства и времени определяет их движение». **То есть кривизна, задаваемая метрикой, задает то, что мы воспринимаем как движение в гравитационном поле.**

А с чего начинается статья А.Д. Александрова – ученика выдающегося физика В.А. Фока:

«О. т. есть физич. теория пространства и времени, и с ней тесно связаны такие основные физич. понятия, как движение, масса, энергия и др.; поэтому её общие выводы имеют философское значение и её понимание невозможно без должного философского анализа её основ. Пространство и время суть формы существования материи, и это означает, что пространственные и временные отношения не существуют сами по себе в чистом виде, а определяются материальными связями предметов и явлений.

и далее

«О. т. получила развитие в виде т. н. общей теории относительности, или теории тяготения. Сущность этой теории состоит в том, что, принимая связь пространства и времени, установленную частной теорией относительности, она считает пространство-время неоднородным и утверждает зависимость метрики пространства-времени, т. е. общих законов пространственно-временных величин, от распределения и движения материи. Она утверждает, что эта зависимость проявляется в тяготении, и таким путём даёт объяснение законам тяготения.

5. Абсолютное движение

Уникальное открытие в теории относительности было сделано А.Д. Александровым в 1959 году, которое он опубликовал в малозаметном для физиков сборнике:

Теория относительности как теория абсолютного пространства-времени // Философские вопросы современной физики. М., 1959.

Речь идет о существовании абсолютного движения относительно электромагнитного поля, заполняющего пространство Вселенной [29].

В те годы (да, пожалуй, и поныне) самой распространенной точкой зрения на (специальную) теорию относительности была релятивистская точка зрения, «берущая всякое явление, и в частности пространственно-временные отношения и свойства, лишь в отношении к той или иной системе отсчета, так что для нее любое движение только относительно» [6, с. 108].

Иначе говоря, все физики в 1950-60-е годы **считали любое движение относительным**, а ньютоновские представления об абсолютной скорости, абсолютном движении устаревшими.

Однако, есть и другая точка зрения, «исходящая от Минковского и принимающая за основание само пространство-время, сами процессы в их собственной пространственно-временной, четырехмерной форме, так что для нее отнесение явлений к той или иной системе отсчета есть нечто вторичное. Движение же тела понимается как способ его существования – его четырехмерная, пространственно-временная траектория – и поэтому тоже является *абсолютным* (курсив мой – А.Г.). Только «проекции» его в разных системах отсчета относительны» [6, с. 108-109]. При этом Мир Минковского, который сейчас называют Миром событий, состоит у него из мировых точек. И далее он пишет «для того чтобы нигде не оставлять зияющей пустоты, мы представим себе, что в каждом месте и в каждый момент времени (т.е. в каждой мировой точке – А.Г.) имеется некоторый объект для наблюдения. Чтобы не говорить о материи или электричестве, я буду пользоваться словом «субстанция» для обозначения этого объекта» [39, с. 168]. Ниже мы приводим рассуждения А.Д. Александрова, которые доводят мысль Минковского до того, чтобы обнаружить абсолютное движение. Причем, если у Минковского пространство не пусто, то А.Д. Александров разъясняет, почему оно не пусто!

Но это всего лишь философско-теоретические соображения. Физика же приземленная наука, ей нужны указания на возможные эксперименты, устанавливающие абсолютное движение.

В физике абсолютное движение объекта описывается его измерениями в системе отсчета, которая предпочтительнее других систем.

У Ньютона предпочтительная система отсчета – это абсолютное пространство. В СТО все допустимые (инерциальные) системы отсчета равноправны. Значит, нет абсолютного движения.

Но в СТО есть *абсолютное пространство-время*. Не стоит ли, имея это в виду, поискать предпочтительную систему отсчета?

Александров А.Д. – великий геометр, он все знает о пространствах, и он сходу угадывает эту систему отсчета:

Пространство (пространство-время) не пусто, оно заполнено излучением и другими полями, и только поэтому возможно суждение о движении [6, с. 110].

Излучение!! Излучение заполняет пространство и поэтому мы фиксируем движение.

Почему он говорит об электромагнитном излучении? Указывая на ошибку Эйнштейна, обсуждавшего относительное вращения двух тел относительно оси, проходящей через центр тяжести, А.Д. говорит, что тот «упускает из вида, что само суждение о вращении одного тела относительно другого возможно лишь тогда, когда между телами есть материальная связь. Наблюдатель на одном теле видит другое тело потому, что есть свет. Таким образом, предполагается наличие излучения» [6, с. 110, Примечание 11].

А.Д. Александров поясняет свое открытие, говоря, что движение двух тел относительно друг друга в абсолютно пустом пространстве бессмысленно, поскольку в абсолютно пустом пространстве невозможно различить разные места. «Когда говорят о пустом пространстве, то мысленно представляют, что в нем есть разные места, что оно состоит из точек. Но что значит: данная точка А и другая точка В, если эти точки ничем, буквально ничем не различаются? Следовательно, само «пустое пространство» есть не более как абстрактный образ «заполненного пространства», в представлении о котором удерживается лишь то, что точки в нем как-то различаются. Это различие и есть *след материи* (курсив мой – А.Г.), а если и он исчез, то точки перестают различаться, понятие о точках А и В пропадает, а вместе с ним исчезает и само пространство» [6, с. 110].

Сказано в 1959 году! Но рассказано лишь философам, напечатано там, где физики не читают. А прочли бы и в СССР сделали бы то, за что другие за рубежом получили нобелевскую премию.

Более того, в 2010 году Марк Ван Раамсдонк продемонстрировал, что **пространство-время (пространство) исчезает⁵, если обнуляется запутанность** определенных структур, лежащих в основе квантово-механических степеней свободы и расположенных на некоторой (абстрактной) границе [6, 41]. Эти определенные структуры и есть след материи!

При этом о физической сути запутанности А.Д. Александров, одним из первых, заявил еще в 1952 году (см. ниже § 7).

В 1965 году А. Пензиас и Р. Уилсон обнаружили реликтовое микроволновое излучения, образующее электромагнитный фон Вселенной! Но это открытие обычно рассматривается как подтверждение теории горячей Вселенной, а не как обнаружения предпочтительной системы отсчета, движение относительно которой есть абсолютное движение.

⁵Точнее, распадается на множество связанных компонент.

Наблюдатель, измеряющий распределение температуры реликтового излучения по небу ближе всего к изотропному с 2,7 К определяется как находящийся неподвижно относительно этого реликтового фона. Это абсолютный покой. А те наблюдатели, для которых измерение температуры излучения имеет максимум в направлении движения и минимум в противоположном направлении, из-за эффекта Доплера, считаются находящимися в абсолютном движении относительно реликтового фона. Тем самым, реликтовый фон задает предпочтительную абсолютную систему отсчета, о которой писал А.Д. Александров.

Например, из анализа наблюдательных данных следует, что Солнце движется относительно реликтового излучения со скоростью 400 км/с.

6. Хроногеометрия

Систематические исследования по математическому обоснованию теории относительности, представлению ее в аксиоматическом виде, были начаты А.Д. Александровым фактически с 1967 года, и были названы им «хроногеометрией» [9–28].

Первой статьей этого периода стала статья, посвященная 60-летию замечательного канадского геометра Кокстеру:

A contribution to chronogeometry: To H.S.M.Coxeter on his sixtieth birthday // *Canad. J. math.* 1967. V. 19, No. 6. P. 1119–1128.

Однако первыми статьями по хроногеометрии следует считать статьи:

1. О преобразованиях Лоренца // *Успехи мат.наук.* 1950. Т. 5, вып. 3. С. 187.
2. Замечания к основам теории относительности // *Вестн ЛГУ.* 1953. № 11, сер. математики, физики и химии. Вып. 4. С. 95–110. (совместно с В.В. Овчинниковой).

Хроногеометрия имеет несколько подходов к тому, что принять за основной принцип аксиоматизации теории относительности как теории пространства-времени [30]. Однако, если считать основой принцип причинности, то работы по хроногеометрии продемонстрировали, что ядро теории относительности – группа Лоренца и соответственно псевдоевклидова структура пространства-времени появляются как следствие постулирования инвариантности причинно-следственных связей событий при различных их наблюдениях.

Почему стоит особо отметить принцип причинности? Отчасти от того, что причинность лежит в основе теории Н.А. Козырева о времени, как о физическом процессе. Теория Козырева существенным образом базируется на пространстве-времени Минковского (хотя принципиальную роль играет абсолютное пространство-время, каковым может рассматриваться любое четырехмерное лоренцево многообразие) и ее неожиданные выводы и экспериментальные подтверждения [31] как самого Козырева, так и группы академика М.М. Лаврентьева в Институте математики СО РАН им. С.Л. Соболева в

корне меняют наше представление о теории относительности и сближают ее с квантовыми мгновенными дальнедействующими связями. Именно Н.А. Козырев обратил особое внимание на то, что посредством изотропных кривых (т.е. с нулевым интервалом $ds^2 = 0$) может осуществляться дальнедействующее (дистанционное) воздействие одних сложных макрообъектом на другие [32].

Отметим, что именно А.Д. Александров, по возвращению в Ленинград в 1985 году, способствовал выходу в свет избранных работ Н.А. Козырева. И это притом, что он явно знал, что только ленивый советский философ не «пинал» Козырева за утверждение «Время – это физический процесс». Каждый философ тогда твердо выучил: «Время – это форма существования материи».

7. Запутанность есть несиловая связь

Запутанность лежит в основе квантовой физики и будущих квантовых технологий. Две частицы (тела) могут быть и пространственно разделены, но при этом оставаться тесно и мгновенно связанными на огромных расстояниях.

Эйнштейн считал, что это утверждение альтернативно полноте квантовой механике. И поскольку он никак не мог согласиться с такой «жуткой» связью на расстоянии, то принимал неполноту. Напротив, Бор был убежден в полноте квантовой механики и приводил разные доводы, которые, как ему казались, указывают на ошибку Эйнштейна. Эти доводы «крутились» вокруг признания реальным лишь того, что действительно измерено соответствующей измерительной аппаратурой.

7.1. Парадокс ЭПР

В 1935 году Эйнштейн, Подольский и Розен привели пример мысленного эксперимента, который на их взгляд приводит к парадоксальному выводу, что координату и импульс частицы можно измерить одновременно. Что, впрочем, противоречит соотношению неопределенности Гейзенберга.

Суть эксперимента в следующем. Допустим, две одинаковые частицы A и B образовались в результате распада третьей частицы C . Будем считать, что частицы разлетаются так, что их координаты удовлетворяют соотношению $q_A = -q_B$. По закону сохранения импульса их суммарный импульс должен быть равен исходному импульсу третьей частицы $p_C = p_A + p_B$, т. е. импульсы двух частиц должны быть связаны. Теперь если измерить импульс первой частицы A , то по закону сохранения импульса можно совершенно точно рассчитать импульс второй. При измерении импульса частицы A мы, конечно, искажаем значения ее координаты. Но наше измерение не оказывает никакого возмущения на координату частицы B , **поскольку она улетела далеко от частицы A , и, следовательно, они разошлись далеко друг от друга и уже не взаимодействуют.** Поэтому мы можем точно измерить координату q_B второй частицы. Таким образом, мы находим точные значения координаты и импульса второй частицы B , т. е.

$$\Delta q_B = \Delta p_B = 0.$$

Но эти равенства противоречат соотношению неопределенностей

$$\Delta q_B \cdot \Delta p_B \geq \hbar.$$

Таким образом, заявляет Эйнштейн, законы квантовой механики являются неполными, т. е. что-то недоговаривают, и должны быть в будущем уточнены.

7.2. Не парадокс, а новый тип связи тел

В 1952 году вышли две статьи А.Д. Александрова:

1. О парадоксе Эйнштейна в квантовой механике // Докл. АН СССР. 1952. Т. 84, № 2. С. 253–256.
2. О смысле волновой функции // Докл. АН СССР. 1952. Т. 85, № 2. С. 291–294.

В первой из этих статей, как сказано в [44], впервые, было дано правильное объяснение особой природы ЭПР-парадокса.

А.Д. Александров поясняет, что мы только видим противоречие. Оно выходит на первый план потому, что на задний план отошло утверждение «частицы разлетелись друг от друга и, следовательно, уже не взаимодействуют», и, поэтому на основании такого заявления измерение импульса частицы A не вносит искажения в координату частицы B .

Истина в том, при которой законы квантовой механики останутся абсолютными. Для этого нужно предположить, что две разошедшиеся на большое расстояние друг от друга частицы *остаются связанными*; эта связь особая, она выражается в наличии у частиц общей волновой функции⁶. Тогда возмущение, вносимое измерением в состояние первой частицы, мгновенно возмущает и состояние второй, после чего искажается значение второй физической величины как у первой, так и у второй частицы.

А.Д. Аллександров писал:

«Если же мы отбросим допущение о разделенности частиц, то остается допущение, что частицы связаны, а тогда... парадокс разрешается без всякого позитивизма простой ссылкой на связь частиц» [36, с. 255].

Связанные таким несиловым образом частицы называются в квантовой механике *запутанными* и описываются единой волновой функцией, на каком бы расстоянии они ни находились. Передаваемое возмущение называется *квантовой корреляцией* состояний частиц A и B .

Запутанность, «эта удивительная связь оказывается тривиальным следствием конечной неделимости и неразложимости физических систем на множества элементов» [44].

Позже А.Д. Александров в 1973 году писал [37], что выдвинутое им давно общее понятие о несиловой, квантовой связи, разрешающее ЭПР парадокс

⁶ Именно таков пример, приводимый Эйнштейном, Подольским и Розеном [35].

просто за счет указания на порочный круг в рассуждениях Эйнштейн не было понято известными физиками И.М. Лифшицем и Л.М. Пятигорским [38]. Поэтому он повторяет свои рассуждения в новой публикации [37]. К этому моменту само понятие запутанности было еще чисто теоретической конструкцией, еще не подтвержденной *многочисленными* экспериментами.

7.3. «Признание» Бора

Эйнштейн со временем четко сформулировал суть квантовой корреляции двух частиц. В конце концов в 1949 году Эйнштейн изложил эту суть такой связи и вложил в уста Бора подобного признания «жуткого действия на расстоянии».

Эйнштейн писал⁷:

«Мне кажется, что Маргенау, защищая «ортодоксальную» (эпитет «ортодоксальный» относится к тезису о том, что Ψ -функция исчерпывающим образом характеризует отдельную систему) позицию в квантовой теории, не затронул наиболее существенных моментов. Из всех теоретиков, стоящих на «ортодоксальной» позиции в квантовой теории, чья точка зрения мне известна, Нильс Бор занимает позицию, ближе всего отвечающую существу проблемы.

В моем пересказе его рассуждения выглядят следующим образом. Если подсистемы А и В образуют некоторую общую систему, описываемую своей Ψ -функцией (обозначим ее Ψ_{AB}), то нет никаких оснований для того, чтобы считать, будто каждая из подсистем А и В в отдельности существует (находится в реальном состоянии) независимо от другой *даже в том случае, если в рассматриваемый момент времени подсистемы пространственно разделены*. Поэтому утверждение о том, что в последнем случае любое измерение, производимое над подсистемой А, не оказывает никакого (непосредственного) влияния на реальное состояние подсистемы в рамках квантовой теории ни на чем не основано и (как показывает парадокс) является неприемлемым» [35, С. 308-309].

Мы видим, что Эйнштейн не думал, что квантовая механика неверна, он утверждал, что она неполная – что она не рассказала всю историю.

7.4. Реальность Эйнштейна

Почему Эйнштейн не принимал квантовую запутанность частиц? Потому что она претила его представлению о физической реальности.

В 1948 году он писал Максу Борну (цит. по [33]):

«Я просто хочу объяснить, что я имею в виду, когда говорю, что мы должны попытаться держаться за физическую реальность. Мы, безусловно, все из нас, осведомлены о ситуации относительно того, что окажется основным фундаментом понятия в физике: точечная масса или частица, конечно, не среди них; поле, в смысле Фарадея-Максвелла, может быть, но не с уверенностью. Но то,

⁷Эта публикация была недоступна А.Д. Александрову в 1952 году.

что мы понимаем как существующее («настоящее») должно быть как-то локализовано во времени и пространстве. Реальное в одной части пространства, A , должно (теоретически) как-то «существовать» независимо от того, что мыслится как реальное в другой части пространства B . Если физическая система простирается на части пространства A и B , то то, что присутствует в B , должно каким-то образом существовать независимо от того, что присутствует в A . Что на самом деле присутствует в B таким образом, не должно зависеть от типа измерения, проводимого в часть пространства A ; оно должно быть независимой, ведь измерение производится в A .

Если придерживаться такой программы, то едва ли можно рассматривать квантово-теоретическое описание как полное представление физически реального. Если все-таки пытаться так смотреть, то должен предположить, что физически реальное в B претерпевает внезапное изменение из-за измерения в A . Мои физические инстинкты ошестиниваются при таком предположении. Однако если отказаться от предположения, что то, что находится в разных частях пространства, имеет независимое, реальное существование, то я вообще не понимаю, что должна описывать физика. Для чего понятие «система», в конце концов, условно, и я не понимаю, как можно разделить мир объективно, чтобы можно было делать утверждения о частях».

7.5. Эксперименты, установившие реальность запутанности

Первая экспериментальной проверка «жуткой связи» в квантовой теории, началась с известного эксперимента Ву Цзин Сян [45] в 1950 году. Результат говорил о наличии квантовой корреляции пары фотонов. Но время таких экспериментов еще не пришло – эксперимент Ву не привлек внимания.

Разъяснение ЭПР-парадокса, данное А.Д. Александровым, В.А. Фоком [43], и отдадим должное Н. Бору, получило новое подтверждение в факте неразделимости состояний подсистем единой квантовой системы в 1980-м в экспериментах, выполненных А. Аспека с соавторами [46].

Реакция А.Д. Александрова на эти эксперименты? Он радовался, как сообщила его дочь, и заявлял: «Ну, я все-таки физик!»

Автор статьи был в 1980 году в Новосибирске на семинаре «Хроногеометрия» в Новосибирском университете. Пришедший на заседание А.В. Левичев сообщил об успешном эксперименте Аспека. А.Д. Александрова был очень доволен и рассказал о своей статье 1952 года. Затем он пояснил суть запутанности на простом примере:

Каждая женщина находится в двух состояниях: «замужняя», «вдова», а ее муж в состояниях «живой», «мёртвый».

«Женщина» и «мужчина» образуют сцепленное состояние «брак»: если муж живой, то женщина замужняя; если мужчина уехал в другой город и там погиб, то в тот же самый миг женщина стала вдовой и по всем юридическим нормам, и по человеческому разумению. Смена состояния женщины произошла без какой-либо силовой связи.

Как запутанное состояние объекта «брак» записывается формулами? Достаточно просто, надо учесть альтернативу:

$$\text{Брак} = |\text{жив}\rangle_{\text{м}}|\text{замужняя}\rangle_{\text{ж}} + |\text{мёртв}\rangle_{\text{м}}|\text{вдова}\rangle_{\text{ж}},$$

где буквы «м» и «ж» метят состояния мужчины и женщины соответственно.

Запутанность социальных объектов характеризуется тем, что их взаимодействие является не только несильным, но и *нелокальным*, т. е. проявляющимся мгновенно через большие расстояния (пример с женщиной, мгновенно ставшей вдовой, хорошо иллюстрирует суть нелокальности).

Насколько помню, этот пример произвел сильное впечатление на участников семинара.

Но до широкого признания запутанности в физике нужно было ждать еще 20-30 лет. А.Д. Александров до это не дожил.

В наши дни мы знаем о множестве неоспоримых экспериментов, подтверждающих наличие особой корреляции в поведении квантовых систем, описываемых единой пси-функцией. И теперь мы имеем фотографии с запутанными частицами (рис. 2, 3), сообщения о запутывании макроскопических алмазов при комнатной температуре [52].

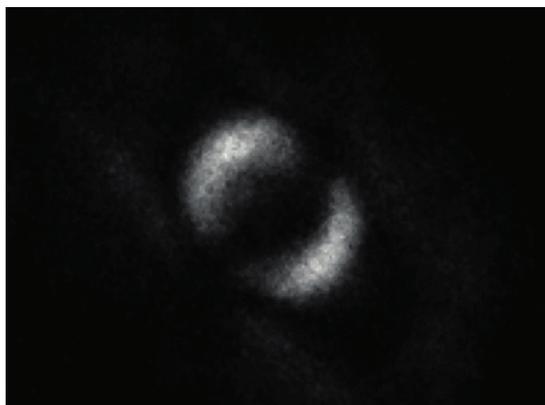


Рис. 2. Фото двух запутанных фотонов

7.6. О чем писал Шрёдингер

Кстати, если вы зададите вопрос в поисковых системах о том, кто первым объяснил смысл квантовой запутанности, то одной из записей, что появится сразу, будет сообщение, что первым физиком, использовавшим слово «запутанность», был Эрвин Шрёдингер. О чем он писал?

Если два разделенных тела, о которых по отдельности мы имеем максимальное знание, попадают в положение, при котором они влияют друг на друга, а затем снова разделяются, то регулярно возникает

то, что я только что назвал переплетением [Verschränkung] нашего знания о двух телах. Вначале общий каталог ожиданий состоит из логической суммы отдельных каталогов; при этом совместный каталог обязательно развивается по известному закону [линейная эволюция Шрёдингера]... . Наше знание остается максимальным, но в конце концов, если тела снова разъединились, это знание не распадается снова на логическую сумму знаний отдельных тел [48].

Как видим речь идет о переплетении знания о двух телах. А.Д. Александров говорит о неклассической связи двух тел, о «несиловой», имея в виду, что сей поры физики знали только силовые связи, через понятие силы.

7.7. А.Д. о запутанности

В 1973 году А.Д. Александров писал [37, с. 357]:

«Взаимные связи самих квантовых объектов, каковые связи имеются двух видов:

а) их импульс-энергетическое взаимодействие, однако не классическое, а квантовое, выражаемое в аппарате теории членами взаимодействия в уравнении Шредингера;

б) совершенно специфическая связь – запутанность, – выражаемая в аппарате теории свойствами ψ -функции системы как неразложимость на ψ -функции, относящиеся к частям системы, симметричность и др. Особенно резко эта связь выражается в принципе Паули, в антисимметричности ψ -функции системы из частиц со спином. В первоначальной форме этот принцип утверждает невозможность для двух электронов находиться в одном и том же состоянии. Один электрон как бы выталкивает другие из занятого им места в системе. Это наглядное описание делает особенно ясным, что здесь имеется именно взаимодействие электронов, но совсем особого рода, так как «выталкивание» вовсе не состоит в применении силы – в импульс-энергетическом воздействии».

8. Ученики, занимающиеся вопросами физики

Среди учеников А.Д. Александрова почти все являются геометрами. И это естественно, поскольку он работал на математических факультетах и вел геометрические семинары. Тем не менее, его физическое происхождение проявлялось в том, что он время от времени говорил о физических проблемах и предлагал физические задачи. Как правило, это касалось общей теории относительности или космологии.

В частности, он говорил о необходимости в рамках ОТО разобрататься с физическими условиями, в которых работает машина времени, т. е. в каких случаях в пространстве-времени существуют замкнутые временные петли.

Пятеро его учеников брались за физические задачи. Это Р.И. Пименов, А.К. Гуц, В.Я. Крейнович, А.В. Левичев, О.М. Кошелева.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александров А.Д. О вычислении энергии двухвалентного атома по методу Фока // Журн. эксперим. и теор. физики. 1934. Т. 4, вып. 4. С. 326–341.
2. Александров А.Д. О вычислении энергии двухвалентного атома по методу Фока // Журн. эксперим. и теорет. физики. 1956. Т. 4, вып. 4.
3. Александров А.Д. Замечание о правилах коммутации и уравнении Шредингера // Докл. АН СССР. 1934. Т. 4, № 4. С. 198–200.
4. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория поля. М.: Наука, 1988.
5. Каллис В. О tempoга, о mores! «Мюнхенская религиозная беседа» — запрет на объективную модель физичесоой реальности // Дубна. №43 от 25 октября 2013 года. С. 6–7.
6. Александров А.Д. Пространство и время в современной физике / Проблемы науки и позиция ученого. Л.: Наука, 1988.
7. Шаврова Т. Философско-идеологическая борьба вокруг лекций Л.И. Мандельштама // Семь искусств. 2020. №2. URL: <https://litbook.ru/article/13999/>.
8. Гуц А.К. Аксиоматики А.Д.Александрова для квантовой механики и теории относительности // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: математика, механика, информатика. 2012. Т. 12, Вып. 3. С. 61–72.
9. Александров А.Д. Конусы с транзитивной группой // 3 Всесоюз.симпоз. по геометрии в целом: Программа заседаний и крат. содерж. докл. Петрозаводск, 1969. С. 7–8.
10. Александров А.Д. Конусы с транзитивной группой // Докл. АН СССР. 1969. Т. 189, № 4. С. 695–698.
11. Александров А.Д. Пространство и время в современной физике в свете философских идей Ленина // Ленин и современное естествознание. М., 1969. С. 202–229.
12. Александров А.Д. Пространство и время в современной физике в свете философских идей Ленина / АН СССР. Науч. совет по филос. вопр. соврем. естествознания. Ин-т философии. М., 1970. 45 с. (Материалы ко 2 Всесоюз.совещ. по филос. вопр. соврем. естествознания, посвящ. 100-летию со дня рождения В.И. Ленина).
13. Александров А.Д. Отображения семейств множеств // Докл. АН СССР. 1970. Т. 190, № 3. С. 502–505.
14. Александров А.Д. Отображения семейств множеств // Докл. АН СССР. 1970. Т. 191, № 3. С. 503–506.
15. Александров А.Д. Отображение семейств конусов // Докл.АН СССР. 1971. Т. 197, № 5. С. 991–994
16. Александров А.Д. Пространство и время в современной физике в свете философских идей В.И.Ленина: [Докл. на 2 Всесоюз. совещ. по филос. вопр. естествознания] // Вопр. философии. 1971. № 3. С. 49–52.
17. Александров А.Д. Отображение аффинных пространств с системами конусов // Зап.науч. семинаров. Ленингр. отд-ния Мат. ин-та им. В.А. Стеклова. 1972. Т. 27. С. 7–16.
18. Александров А.Д. Отображения упорядоченных пространств. I // Тр. Мат. ин-та им. В.А. Стеклова. 1972. Т. 128. С. 3–21.
19. Александров А.Д. Об отображениях, сохраняющих конгруэнтность // Докл. АН СССР. 1973. Т. 211, № 6. С. 1257–1260.

20. Александров А.Д. Пространство и время в современной физике в свете философских идей Ленина // Физическая наука и философия: Тр.2 Всесоюз. совещ. по филос. вопр. соврем. естествознания. М., 1973. С. 102–135.
21. Александров А.Д. К основаниям геометрии пространства-времени // Докл.АН СССР. 1974. Т. 219, № 1. С. 11–14; № 2. С. 265–267.
22. Александров А.Д. Характеристика евклидовых движений // Докл.АН СССР. 1974. Т. 214, № 1. С. 11–14.
23. Александров А.Д. Mappings of spaces with families of cones and space-time transformations // Ann. math. pura ed appl. 1975. V. 103. P. 229–257.
24. Александров А.Д. К основам теории относительности // Вестн.ЛГУ. 1976. № 19, математика, механика, астрономия. Вып. 4. С. 5–28.
25. Александров А.Д. Об отображениях семейств конусов // Сиб. мат. журн. 1976. Т. 17, № 4. С. 932–935. (совместно с А.П. Копыловым, А.В. Кузьминых и А.В. Шайденко).
26. Александров А.Д. О хроногеометрии // Фундаментальные исследования: Физ.-мат.и техн.науки. Новосибирск, 1977. С. 20–22. (совместно с Ю.Ф.Борисовым.)
27. Александров А.Д. Отображения областей псевдоевклидовых пространств // Докл. АН СССР. 1977. Т. 233, № 2. С. 265–268.
28. Александров А.Д. О философском содержании теории относительности // Эйнштейн и философские проблемы физики XX века. М., 1979. С. 117–137.
29. Фурмаков Е.В. Аберация гравитации и вращение небесных тел / Академик Александр Данилович Александров. Воспоминания. Публикации. Материалы. М.: Наука, 2002. С. 203–205.
30. Гуц А.К. Хроногеометрия: Аксиоматическая теория относительности / Изд. 2, испр. и доп. М.: УРСС, 2018. 352 с.
31. Еганова И.А., Каллис В. Солнечный эксперимент М.М. Лаврентьева. LAP LAMBERT Academic Publ., 2013.
32. Лаврентьев М.М., Еганова И.А., Гусев В.А. Postfactum: Уроки катастрофы на Юпитере // Журнал формирующихся направлений науки. 2016. № 11(4). С. 99–101.
33. Howard D. The Early History of Quantum Entanglement, 1905-1935. TAM 2007. URL: https://www.academia.edu/1294452/The_Early_History_of_Quantum_Entanglement_1905_1935
34. Эйнштейн А. Собрание сочинений. Т.2 . М.: Наука, 1966.
35. Эйнштейн А. Собрание сочинений. Т.4 . М.: Наука,
36. Александров А.Д. О парадоксе Эйнштейна в квантовой механике // Докл. АН СССР. 1952. Т. 84, № 2. С. 253–256. (тоже самое: Uber das Einsteinsche Paradoxen in den Quantenmechanik // Sowjetwissenschaft. Naturwiss. Abt. 1953. Hf. 2. S. 263–267.)
37. Александров А.Д. Связь и причинность в квантовой области // Современный детерминизм. Законы природы. М., 1974.
38. Лифшиц И.М., Пятигорский Л.М.. О динамических и статистических закономерностях квантовой механики / Философские вопросы современной физики. Киев, 1956.
39. Минковский Г. Пространство и время / В кн.: Принцип относительности. М.: Атомиздат, 1979.

40. Van Raamsdonk M. Lectures on Gravity and Entanglement. <http://arXiv:1609.00026v1>.
41. Гуц А.К. Теории пространства-времени // Пространство, время и фундаментальные взаимодействия. 2019. №4. С.23-47.
42. Фок В.А. В кн. Эйнштейн и современная физика. М.: Гостехиздат, 1956. С. 72.
43. Фок В.А. Примечание к статье: Н. Бор. Дискуссии с Эйнштейном о проблемах теории познания в атомной физике // Успехи физ. наук. 1958. Т. 66, Вып. 4.
44. Цехмистро И.З., Штанько В.И. и др. Концепция целостности. Харьков: Изд-во Харьковского гос. ун-та, 1987. URL: <https://www.psyoffice.ru/2778-9-koncelo-index.html>
45. Wu C.S., Shaknou I. Angular correlation of Scattered annihilation Radiation // Phys. Rev. 1950. Vol. 77. No. 1.
46. Aspect A., Greninger P., Roger E. Experimental test of realistic local theories via Bell's theorem // Phys. Rev. Lett. 1980. Vol. 47. No. 7.
47. Спасский Б.И., Московский А.В. О нелокальности в квантовой физике // УФН. 1984. Т. 142, № 4. С. 599–617.
48. Schrodinger E. Die gegenwartige Situation in der Quantenmechanik // Die Naturwissenschaften. 1935. **23**, S. 807-812, 823-828, 844-849.
49. Schrodinger E. Discussion of Probability Relations Between Separated Systems // Proceedings of the Cambridge Philosophical Society. 1935, **31**. S. 555–662.
50. Schrodinger E. Probability Relations Between Separated Systems // Proceedings of the Cambridge Philosophical Society. 1936. **32**. S. 446–452.
51. P.-A. Moreau, E.Toninelli, T.Gregory, R.S. Aspden, P.A. Morris M. Padgett. Imaging Bell-type nonlocal behavior // J.science advances. 2019. Vol. 5, Iss.7. URL: <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.aaw2563>.
52. Lee K.C., Sprague M.R., Sussman B.J., Nunn J., Langford N.K., Jin X.-M., Champion T., Michelberger P., Reim K.F., England D., Jaksch D., Walmsley I.A. Entangling Macroscopic Diamonds at Room Temperature // Science. 2011. Vol. 334, No. 6060, P. 1253–1256.

**A.D. ALEKSANDROV AS A PHYSICIST:
DISCOVERY OF A NEW TYPE OF RELATION**

A.K. Guts

Dr.Sci. (Phys.-Math.), Professor, e-mail: aguts@mail.ru

Dostoevsky Omsk State University, Omsk, Russia

Abstract. A review of the works of A.D. Alexandrov by quantum mechanics, the theory of relativity and chronogeometry. It is shown that these the works were original and were a discovery in each of them considered area of physics.

Keywords: A.D. Alexandrov, quantum mechanics, derivation of the Schredinger equations, theory of the absolute space-time, absolute motion, chronogeometry, non-force action, entanglement .

Дата поступления в редакцию: 29.05.2022