

## **Предисловие**

Настоящее издание содержит избранные научные работы Дмитрия Ивановича Блохинцева, часть его выступлений по общим вопросам науки, по философским вопросам естествознания, некоторые научно-популярные статьи.

Помещенная в первом томе биографическая статья является кратким очерком научной и общественной деятельности Д. И. Блохинцева. В этом же томе публикуется написанный Дмитрием Ивановичем к своему 70-летию расширенный автореферат работ, которому мы дали название «Мой путь в науке».

Материалы распределены по тематическому признаку: 1-й том содержит статьи по оптике, физике твердого тела, акустике, ядерной энергетике и теории импульсных реакторов. Кроме того, сюда вошли: автобиографические материалы, воспоминания Д. И. Блохинцева, основные даты его жизни и деятельности, полная библиография его работ, а также воспоминания тех, кому посчастливилось работать и общаться с Дмитрием Ивановичем. Во 2-й том вошли работы по основам квантовой механики, посвященные квантовым ансамблям, теории измерений и соотношению квантовой механики со статистической физикой. Здесь же публикуются статьи по существенно нелинейной и нелокальной теории поля и теории элементарных частиц, выступления по общим вопросам науки.

Оба тома разбиты на тематические разделы, внутри каждого из которых работы следуют в хронологическом порядке. Каждая статья снабжена ссылкой на журнал или книгу, в которой она опубликована. Статьи, опубликованные на русском и иностранных языках, печатаются по русскому тексту со ссылкой на оба издания. Статьи, опубликованные только на иностранном языке, печатаются в переводе. Часть статей снабжена примечаниями исторического характера.

В данное издание включена приблизительно половина всех статей Д. И. Блохинцева. При их отборе мы стремились в первую очередь воспроизвести те статьи, в которых высказывались оригинальные идеи, рассматривались принципиальные вопросы теоретической физики. При этом учитывалась и та оценка, которую дал этим работам сам Дмитрий Иванович в автореферате «Мой путь в науке».

В собрание трудов не вошли научно-популярные книги Д. И. Блохинцева «Что такое теория относительности» (под ред. С. И. Вавилова. ОНТИ, 1936), «Теория относительности А. Эйнштейна» (совместно с С. И. Драбкиной. Гостехиздат, 1940), «Рождение мирного атома» (Атомиздат, 1977), неоднократно издававшийся у нас в стране и за рубежом учебник «Основы квантовой механики» (последнее 7-е издание. СПб.: Лань, 2004), монографии «Акустика неоднородной движущейся среды» (2-е изд. М.: Наука, 1981), «Пространство и время в микромире» (2-е изд. М.: Наука, 1982).

На первоначальном этапе подготовку данного издания возглавлял академик Д. В. Ширков. Тогда были сформулированы принципы отбора статей, их разбиения на тематические разделы и требования, предъявляемые к комментариям. Редколлегия выражает Дмитрию Васильевичу глубокую благодарность.

Мы надеемся, что издание Собрания научных трудов Д. И. Блохинцева явится не только данью памяти выдающемуся физику и замечательному человеку, но и станет прекрасным памятником отечественной науки.

*Редакционная коллегия*

# 1

## НАУЧНАЯ И ОБЩЕСТВЕННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ Д. И. БЛОХИНЦЕВА

*Б. М. Барбашов, Г. В. Ефимов, А. В. Ефремов, В. Н. Первушкин*

*Никто на свете не разбудит  
Души, ушедшей на покой,  
Но на Земле, тебе чужой,  
Твои скитаться песни будут.*

Блохинцев Д. И. Муза в храме  
науки: Сб. М., 1982.

Есть в нашей стране хорошая традиция: называть улицы городов именами своих знаменитых граждан. К их числу принадлежат и улицы Блохинцева в городах Дубна и Обнинск, названные в честь выдающегося физика, крупнейшего организатора науки, соратника Курчатова по созданию, становлению и развитию атомной науки, техники и ядерной энергетики в нашей стране и странах Восточной Европы. «Имя Дмитрия Ивановича Блохинцева стоит в одном ряду с именами Сеченова, Тимирязева, Умова, Лебедева, Вернадского, Вавилова, Хохлова и многими другими, составляющими гордость нашего народа» («Правда» от 23 января 1980 г.).

Дмитрий Иванович Блохинцев обогатил мировую науку фундаментальными работами в области физики твердого тела и статистической физики, акустики, физики реакторов и атомной энергетики, квантовой механики, квантовой теории поля и квантовой электродинамики, физики высоких энергий и атомного ядра, философии и методологии науки; его роль в воспитании научных кадров физиков и инженеров в нашей стране и странах Восточной Европы широко известна и получила заслуженное признание. Дмитрию Ивановичу выпало счастье быть основателем многих научных направлений, но прежде всего он был личностью — феноменально многогранным и разносторонним человеком, ученым, инженером, изобретателем, педагогом, художником, поэтом, государственным и общественным деятелем, общение с которым доставляло радость.

Большое влияние на мировоззрение Д. И. Блохинцева оказало его знакомство с трудами К. Э. Циолковского и личная переписка с ним. От Циолковского Дмитрий Иванович воспринял тот дух русской науки начала XX века,

который выражался не столько в стремлении к достижению конкретных научных результатов, сколько в создании целостного гармонического мировоззрения. Мировосприятию Циолковского было присуще преклонение перед красотой и гармонией мира, а также высочайшая степень уважения к Природе и Человеку. «Именно по этой причине, — любил подчеркнуть Дмитрий Иванович, — Циолковский никогда не употреблял таких словосочетаний, как “завоевание” или “покорение” космоса, а всегда говорил о его “освоении”». Д. И. Блохинцев сумел до конца жизни сохранить эти юношеские идеалы восприятия мира. С этого начального периода осталось у него все возрастающее с годами стремление к истине, которое заставляло его не только быть в курсе всех основных научных достижений как в физике, так и в других областях знаний, математике, философии, биологии, экономике и т. д., но и развивать собственные оригинальные взгляды и суждения.

Дмитрий Иванович считал, что не очень сложно научиться решать уже поставленные задачи в какой-нибудь модной области современной физики. Почти любой человек, обладающий достаточно упорядоченным умом, может стать неплохим физиком-теоретиком. Труднее ставить задачи самому. Физиков, которые определяют свои интересы собственным мировоззрением, значительно меньше, но именно они чаще всего становятся авторами тех самых «модных» направлений в науке, которые дают работу умам других исследователей.

Знаменитые опыты Резерфорда по расщеплению атома заставили юного Дмитрия Блохинцева, выпускника Московского промышленно-экономического техникума, обратить внимание на те завидные возможности, которые сулит ядерная энергия, и это определило его дальнейший путь. В 1926 г. он поступил на физический факультет МГУ, где учился у таких замечательных ученых, как Л. И. Мандельштам, С. И. Вавилов, Н. И. Лузин, Д. Ф. Егоров, И. Е. Тамм.

То были годы становления квантовой механики и объяснения с ее помощью многих загадочных физических явлений. Уже ранние его работы были отмечены большим мастерством и глубиной физической мысли. За свою аспирантскую работу (кандидатскую диссертацию) он был признан достойным степени доктора наук (1935 г.).

Д. И. Блохинцев вычисляет работу выхода электронов из металла, основываясь на ней впервые дает объяснение аномальным магнитным свойствам двухвалентных металлов, причиной которых явилось то, что в этих металлах энергия электрона зависит не только от абсолютной величины его импульса, но и от его направления по отношению к осям кристалла. Он обобщает теорию Блоха на случай перекрывающихся зон. Особое значение имела полученная им формула для энергии перекрывающихся зон. В это же время Д. И. Блохинцев открывает нелинейную зависимость излучаемого атомного света (в эффекте Штарка) от интенсивности падающего (1933 г.). Его работа была первым исследованием по нелинейной оптике, получившей ныне столь широкое развитие.

В последующие годы Д. И. Блохинцев первым дал объяснение механизму загадочного явления фосфоресценции. Основная идея этой работы прекрас-

но иллюстрирует образность мышления ученого. Он замечает, что наличие локальных примесей в фосфорах приводит к появлению локальных уровней между нижней зоной и зоной проводимости. Поэтому электрон, попавший на этот уровень, и «дырка» в нижней зоне оказываются пространственно разделенными, что существенно уменьшает вероятность их рекомбинации и приводит к аномально большому времени высыечивания.

В последующих работах Д. И. Блохинцев подробно развил эту основную идею и, в частности, исследовал кинетику фосфоресценции, впервые объяснил экспериментально наблюдаемый ход высыечивания по времени. Далее Д. И. Блохинцев обращается к эффекту выпрямления тока полупроводниками и находит простое и правильное объяснение этому явлению. Суть его объяснения состоит в том, что вблизи контакта двух полупроводников градиент электрического поля приводит к появлению объемного заряда, а стало быть, и к изменению электропроводимости. Знак же этого изменения зависит от направления тока, что и обуславливает выпрямляющее действие системы.

Эти и последующие работы Д. И. Блохинцева, в частности, разработка им теории гетерополярных и окрашенных кристаллов и теория электрического пробоя диэлектриков сыграли важную роль в развитии исследований в области квантовой теории твердых тел и практического использования их результатов.

Уже в ранних работах Дмитрия Ивановича проявились глубокое понимание сущности квантовой механики и оригинальность мышления, предвосхищающие порой дальнейшее развитие физики. Особенно характерна в этом отношении работа по вычислению смещения спектральных линий, вызванного обратным действием поля излучения, доложенная на семинаре в Физическом институте АН СССР (1938 г.). Данная работа по существу содержала теорию лэмбовского сдвига, открытого лишь десять лет спустя и послужившего началом создания квантовой электродинамики. Полученная Д. И. Блохинцевым формула для лэмбовского смещения отличается от знаменитой формулы Г. Бете лишь числовым множителем, появившимся вследствие ультрафиолетового обрезания. К сожалению, это важнейшее открытие Д. И. Блохинцева не было понято современниками и статья была отклонена редакцией ЖЭТФ. Работа увидела свет лишь в 1958 г. в трудах Д. И. Блохинцева, хотя результаты ее были изложены ранее в обзоре Я. А. Смородинского (УФН. 1949. Т. 39, вып. 1. С. 325).

В 1935 г. Д. И. Блохинцев избирается профессором кафедры теоретической физики МГУ. С той поры и до последних дней жизни его деятельность неразрывно связана с физическим факультетом МГУ, где он заведовал кафедрой физики атомного ядра<sup>1</sup> и подготовил многие поколения специалистов.

<sup>1</sup> В декабре 1948 г. вышло Постановление СМ СССР о подготовке высшими учебными заведениями специалистов для выполнения работ по советскому атомному проекту. Во исполнение этого постановления в начале 1949 г. на базе кафедры «Строение вещества» на физическом факультете МГУ было организовано отделение «Строение вещества» (получившее в 1957 г. название «Отделение ядерной физики»). Отделение было создано в составе пяти кафедр, среди которых была и кафедра физики атомного ядра (зав. кафедрой член-корр. АН СССР Д. И. Блохинцев).

Дмитрий Иванович был одним из организаторов отделения ядерной физики физического факультета МГУ и создателем филиала МГУ и филиала Московского института радиотехники, электроники и автоматики в Дубне, задачи которых — приближение студенческой аудитории к лаборатории исследователя.

Дмитрий Иванович очень любил студенческую аудиторию, был частым гостем и в студенческом общежитии. Среди его учеников много известных ученых, вносящих достойный вклад в развитие науки. «Наука — дело таланта и призвания, — говорил он. — Теперь наука еще и дело коллективное. Но все же среди ученых независимо от званий, независимо от того, кто они — дипломники, аспиранты — есть особая категория людей, одержимых страстью к науке; ученых, великий талант которых лишь изредка доставляет им радость, но причиняет постоянную муку неудовлетворенности достигнутым. Именно на этих хрупких, немногих людях держится весь успех того или иного института. Эти люди обычно непрактичны, они легкоранимы и уязвимы, — их нужно беречь, их нужно охранять, они — белые журавли».

Дмитрием Ивановичем были созданы и прочитаны многие фундаментальные теоретические курсы, среди которых особо следует выделить курс квантовой механики, составивший основу первого в мире университетского учебника, выдержанного с 1944 г. 23 издания: семь изданий в нашей стране и 16 в других странах мира на девяти языках. На нем было воспитано не одно поколение студентов-физиков. За труды по квантовой механике Д. И. Блохинцеву была присуждена Государственная премия СССР.

С 1935 по 1950 гг. Д. И. Блохинцев, наряду с научно-преподавательской деятельностью в МГУ, работает в Физическом институте им. П. Н. Лебедева АН СССР. В эти же годы Д. И. Блохинцев является членом Ученого совета Физического института АН УССР, где он руководит работами молодых украинских физиков. После освобождения Киева от фашистов Д. И. Блохинцев принимает активное участие в восстановлении науки на Украине.

В предвоенные годы внимание Дмитрия Ивановича было сосредоточено на принципиальных вопросах квантовой механики. Эта деятельность продолжалась и в послевоенный период. Блохинцев устанавливает соответствие между квантовым описанием системы частиц в фазовом пространстве и классической функцией распределения частиц, при этом, в частности, выявляет невозможность непосредственного переноса в классику квантового условия, выражающего неразличимость одинаковых частиц. Д. И. Блохинцев первый вводит понятие «квазивероятности» (1940 г.), к которому много позже пришел Дирак. Он приходит к выводу о том, что дифракционная картина не всегда дает возможность однозначного суждения о форме наблюдаемого объекта, что различные формы объектов могут давать сходные дифракционные картины; впервые показывает, что с помощью электронного микроскопа можно, при некоторых условиях, видеть атом, показывает, что, несмотря на обратимость времени, «принцип детального баланса» может и не соблюдаться.

---

В конце 1960 г. в Дубне создается филиал НИИЯФ и две кафедры: кафедра теории атомного ядра (зав. кафедрой Д. И. Блохинцев) и кафедра физики элементарных частиц (зав. кафедрой В. И. Векслер). В 1961 г. кафедра физики атомного ядра влилась в кафедру теории атомного ядра. — Прим. ред.

Д. И. Блохинцев — автор концепции квантовых ансамблей. На основе этой концепции он первым дал объективную трактовку волновой функции. Такой подход, обладая большой эвристической ценностью, помогает устраниТЬ ряд внутренних противоречий в интерпретации квантовой механики и установить соотношение между квантовой механикой и статистической физикой. Эта концепция «московской школы» отводит более скромную роль наблюдателю и подчеркивает всюду объективный характер квантовых ансамблей и управляющих ими закономерностей. Он по новому осознал особую роль классического прибора в квантовой механике как неустойчивого состояния макроскопической системы. Тем самым был сделан важный шаг в преодолении барьера, поставленного авторитетом Нильса Бора, считавшего, что нет смысла объединять измерительный прибор с микроскопической системой, так как тогда потребуется классический прибор для изучения объединенной системы.

Работы Д. И. Блохинцева сыграли заметную роль в выработке методологических основ современной квантовой теории. В предисловии к своей книге «Основы квантовой механики» (пятое издание, 1976 г.) он писал: «Я всегда придавал большое значение правильной методологии, без владения которой даже самый отличный ум приобретает оттенок ремесленничества. Поэтому материалистическая методология, где явно, где менее явно пронизывает всю книгу». Особенно подробно на этих вопросах Д. И. Блохинцев останавливался в своих монографиях «Принципиальные вопросы квантовой механики» (1966 г.) и «Квантовая механика. Лекции по избранным вопросам» (1981 г.).

В годы Великой Отечественной войны Д. И. Блохинцев почти полностью переключается на работу по оборонной тематике в области акустики и вскоре становится ведущим специалистом и в этой области, создателем акустики неоднородных и движущихся сред. Исходя из уравнений газогидродинамики, Д. И. Блохинцев получает уравнения акустики для самого общего случая («уравнения Блохинцева»), на основе которых он выводит ряд акустических законов, объясняет и рассчитывает разнообразные акустические явления в движущихся и неоднородных средах (в том числе турбулентных), касающиеся, с одной стороны, механизма генерирования звука, а с другой — методов и средств его приема. Сюда относятся, в частности, излучение звука пропеллером, возбуждение резонаторов потоком и методы снижения такого возбуждения, защита приемников звука от крупно- и мелкомасштабных флюктуаций набегающего потока и ряд других задач, составивших основу теории акустического обнаружения самолетов и подводных лодок. Им сформулированы уравнения геометрической акустики.

Д. И. Блохинцев ввел чрезвычайно плодотворное понятие о псевдозвуке, как явлении, обладающем формальными признаками звука, но не являющемся акустическим процессом. В отдельных своих проявлениях псевдозвук отождествляется с волнами Рэлея или с френелевской зоной излучения в электродинамике (хотя и не сводится к этим явлениям). Он сформулировал теорему, определяющую условие, необходимое и достаточное для генерирования звука при движении тела в жидкости или при движении самой жидкости. Дальнейшее развитие этого вопроса привело его к выводу о том, что в основе всякого излучения, в том числе акустического, лежат явления, аналогичные

эффекту Вавилова–Черенкова. Идеи Дмитрия Ивановича, подчеркнувшего единство физических представлений аэродинамики, акустики и электродинамики, положили начало весьма плодотворной акусто-электродинамической аналогии.

За эти работы Д. И. Блохинцев был награжден орденом Ленина (1945 г.). Впоследствии они были объединены в монографии «Акустика неоднородной и движущейся среды» (1946 г.), изданной дважды в СССР и за рубежом, которая является классикой в большом интенсивно развивающемся разделе физики. Сейчас ни одна отечественная или зарубежная работа в области физики шума турбулентного пограничного слоя, возникшего на фюзеляжах современных лайнеров, или шума реактивных струй их двигателей, не обходится без ссылок на книгу Д. И. Блохинцева как на основу новой акустики.

В последние годы войны и в послевоенные годы жизненно важной для нашей страны стала задача овладения атомной энергией. Начиная с 1947 г. Дмитрий Иванович активно включается в работу по развитию советской атомной науки и техники, возглавляемую И. В. Курчатовым. Игорь Васильевич оказал большое влияние на формирование Д. И. Блохинцева как руководителя крупнейших научно-технических проектов, способного сплотить коллектив и вдохновить его на выполнение государственных заданий.

И. В. Курчатов увидел в выдающемся физике-теоретике талант крупного организатора и инженера-исследователя. С тех пор имя Д. И. Блохинцева неразрывно связано с историей мирного атома. Вместе с Курчатовым Блохинцев стал инициатором создания первой в мире атомной электростанции (Обнинск). В своей книге «Рождение мирного атома» Д. И. Блохинцев писал, что ему «...выпало счастье участвовать в великой эпохе создания советской атомной энергетики».

В 1950 г. Д. И. Блохинцев назначается первым директором вновь созданного Физико-энергетического института в Обнинске, а также научным руководителем работ по созданию и пуску первой в мире атомной электростанции (Атомная энергия. 1979. Т. 46, вып. 6). Он активно участвует в физических и конструкторских расчетах реактора первой АЭС. В середине 1954 г. Первая атомная дала ток. Многолетний опыт успешной эксплуатации станции подтвердил правильность сделанного Д. И. Блохинцевым выбора типа реактора и основных параметров первой АЭС. За эту работу Д. И. Блохинцев удостоен Ленинской премии (1957 г.). Доклад Д. И. Блохинцева о первой в мире советской атомной электростанции в Обнинске был основным докладом на Первой международной конференции по мирному использованию атомной энергии в Женеве (1955 г.).

В последующие годы в коллективе, руководимом Д. И. Блохинцевым, проводятся расчеты и осуществляется постройка первых в Европе реакторов нового типа — перспективных в промышленном отношении реакторов на быстрых нейтронах с жидкокометаллическим теплоносителем, а также разрабатывается проект ядерного двигателя для баллистических ракет. Сейчас такие реакторы уже эксплуатируются и на других атомных электростанциях. Под руководством Дмитрия Ивановича Блохинцева были также разработаны эффективные методы расчета реакторов на медленных и промежуточных

нейтронах. За выполнение важных государственных заданий по созданию атомной энергетики Д. И. Блохинцев был удостоен звания Героя Социалистического Труда (1956 г.).

Реакторы привлекали внимание Д. И. Блохинцева не только как основа энергетических установок, но и как интенсивный источник нейтронов для самых разнообразных научных исследований. Д. И. Блохинцев — автор выдающегося изобретения (1955 г.) — импульсных быстродействующих реакторов (ИБР-1 и ИБР-2), мощность импульса которых при весьма малой средней мощности не уступает самым мощным реакторам постоянного действия. Первый реактор такого типа — ИБР-1 был сооружен и пущен в Дубне (1960 г.) в Лаборатории нейтронной физики под научным руководством и при непосредственном участии Д. И. Блохинцева. (Он часто называл его своим «приданым».) В результате многолетней работы реактор зарекомендовал себя как замечательный инструмент для исследований в ядерной физике, физике жидких и твердых тел и элементарных частиц. За эту работу Д. И. Блохинцев был удостоен Государственной премии СССР (1971 г.). В последующие годы Д. И. Блохинцев был научным руководителем проекта сооружения более совершенного и мощного реактора ИБР-2, руководил его физическим пуском (1977 г.) и до последних дней своей жизни — подготовкой к энергетическому пуску. За 30 лет успешной эксплуатации реактор ИБР-2 зарекомендовал себя как уникальный прибор для нейтронных исследований в ядерной спектроскопии, физике твердого тела, в биологии и в материаловедении. На нем был получен целый ряд результатов мирового уровня. В настоящее время осуществляется модернизация реактора, в результате которой будет создана установка ИБР-2М.

В 1956 г. по инициативе Советского правительства в Дубне был организован Объединенный институт ядерных исследований, объединивший усилия социалистических стран в изучении свойств элементарных частиц и природы ядерных сил и использовании их в мирных целях. Комитет Полномочных Представителей одиннадцати стран единогласно избрал Д. И. Блохинцева первым директором ОИЯИ. К работе в ОИЯИ им были привлечены крупные ученые Советского Союза и других стран-участниц ОИЯИ. В дополнение к двум существовавшим в Дубне лабораториям — Лаборатории ядерных проблем и Лаборатории высоких энергий — были созданы три новые лаборатории: Лаборатория ядерных реакций, Лаборатория нейтронной физики и Лаборатория теоретической физики, причем последние две — по инициативе Д. И. Блохинцева. За период пребывания Д. И. Блохинцева на посту директора ОИЯИ (1956–1965 гг.) Институт окончательно оформился организационно, превратился в крупнейший научно-исследовательский центр, завоевавший своими исследованиями высокий авторитет и международное признание, стал кузницей научных кадров стран-участниц ОИЯИ. В последующие годы (1965–1979 гг.) Блохинцев возглавлял Лабораторию теоретической физики Объединенного института ядерных исследований. Он внес также огромный личный вклад в обеспечение мирового научного авторитета Дубны.

Внимание Дмитрия Ивановича привлекали фундаментальные проблемы теоретической физики. В 1957 г., основываясь на обнаруженных группой

М. Г. Мещерякова «дейтронных пиках» в реакциях квазиупругого рассеяния протонов высокой энергии на ядрах, Д. И. Блохинцев выдвигает и разрабатывает идею о флуктуациях плотности ядерного вещества, способных как единое целое воспринимать большой импульс. Идея «флуктонов Блохинцева» наиболее ярко проявилась через 20 лет, когда в реакциях с релятивистскими ядрами были обнаружены так называемые «кумулятивные» частицы. В дальнейшем Дмитрий Иванович принимал участие в разработке много-кварковой интерпретации флуктонов. Именно им был посвящен последний доклад Д. И. Блохинцева на конференции в Токио осенью 1978 г. Эти исследования выросли ныне в новое перспективное направление — релятивистскую ядерную физику. В частности, именно наличием многокварковых состояний объясняется сейчас так называемый «кор» ядерных сил. Замечательное подтверждение идеи флуктонов было получено в ЦЕРН в эксперименте по глубоконеупругому рассеянию мюонов на ядрах и в рождении кумулятивных протонов нейтринным пучком в Серпухове.

В те же годы Д. И. Блохинцев исследует (на основе оптической «эйкоальной» модели) структуру нуклонов и устанавливает ее деление на центральную и периферическую части, приходит к заключению о доминирующей роли периферических взаимодействий. Он показывает противоречивость гидродинамического подхода к множественным процессам при учете основных принципов квантовой механики (1957 г.). Сила этой критики все больше начинает проявлять себя сейчас по мере расширения корреляционных и спиновых измерений.

Дмитрием Ивановичем была предложена (1960 г.) идея существования нескольких вакуумов в квантовой теории поля и спонтанного перехода между ними. Эта идея интенсивно используется в современных единых теориях элементарных частиц. Им впервые было указано на возможность существования так называемого «унитарного предела» в слабых взаимодействиях (1957 г.) и на границу применимости квантовой электродинамики.

Большой и важный цикл работ Д. И. Блохинцева посвящен квантовой теории поля, нелинейным и нелокальным теориям, негамильтонову подходу, стохастической геометрии пространства-времени. В частности, для нелокальных полей Д. И. Блохинцевым впервые показана возможность отказа от конечности распространения сигнала «в малом» без существенного нарушения этого фундаментального закона в макромире. Д. И. Блохинцев предложил принципиально новый подход к нелокальным полям, основанный на гипотезе стохастических флуктуаций метрики пространства-времени.

Исследуя существенно нелинейные поля, Д. И. Блохинцев приходит к заключению о том, что понятие точечных координат теряет смысл и требуется изменение геометрии микромира, если спектр масс частиц оказывается ограниченным сверху (связь физики с геометрией). Эти вопросы нашли свое отражение в книге Д. И. Блохинцева «Пространство и время в микромире», изданной в 1970 и в 1982 гг. в нашей стране и многократно переизданной за рубежом.

Немало усилий было приложено Дмитрием Ивановичем Блохинцевым по поискам негамильтонова *S*-матричного метода в теории поля, который

заменил бы традиционный гамильтонов формализм. Д. И. Блохинцев впервые предложил конкретный вариант математического аппарата такого метода (1947 г.), основанный на введении нового понятия: «элементарной матрицы рассеяния». Этот аппарат дал результаты, совпадающие с приближениями обычной релятивистской-инвариантной теории возмущений.

Творческая активность Дмитрия Ивановича не угасала до самих последних дней его жизни. Он исследовал проблему аномально малого времени удержания ультрахолодных нейтронов и предложил простой механизм объяснения этого эффекта — нагревание УХН адсорбированным поверхностью водородом. Этот механизм находит все больше экспериментальных подтверждений.

Д. И. Блохинцев работал над одной из наиболее сложных проблем современной теории элементарных частиц — над проблемой удержания夸ков, и предложил оригинальную гипотезу причины этого явления. В последнее время его мысли постоянно обращались к «великому взрыву» в космологии. Анализируя модель Фридмана, Д. И. Блохинцев пришел к заключению о том, что видимая часть нашей Вселенной не могла образоваться в пределах четырехмерного мира, и предложил свою оригинальную гипотезу о существовании более обширного метапространства, в котором соударяются метатела и антитела. По этой гипотезе наша Вселенная могла образоваться при столкновении таких метател.

Дмитрий Иванович всегда проявлял большой интерес к философии и методологии науки. Не раз приходилось ему отстаивать в дискуссиях идеи материализма как от его противников, так и от его примитивных защитников. Много внимания им было уделено борьбе за закон сохранения энергии как основы материалистического естествознания, за правильное понимание теории относительности и современной атомистики. Так, в своей первой книге «Что такое теория относительности?» Д. И. Блохинцев дает не только доступное изложение этой теории, но и правильное ее освещение. Особое значение он придавал своей последней работе «О соотношении прикладных и фундаментальных исследований». Основываясь на особенностях человека как биологического вида: любознательности, расширенной передаче информации от поколения к поколению, которые обусловили отрыв человека от остального живого мира, потребности в эмоциональном контакте с внешним миром, Дмитрий Иванович приходит к заключению о неизбежности преимущественного роста активности людей в производстве идей. Очень интересны неопубликованные в полном объеме его последние труды «Наука и искусство» и «Очерки по материалистической философии».

Присущий Д. И. Блохинцеву дар предвидения проявился не только в его научных и философских работах, но и в организации им совещаний, в частности, совещаний по нелокальной квантовой теории поля (которые, по существу, были совещаниями по фундаментальным проблемам теории поля). Это было в период почти полного отрицания квантовой теории поля, и в то время нужно было иметь смелость, чтобы предвидеть последующий ренессанс тех идей в теоретической физике, которые доминируют в настоящее время. Он был бессменным председателем этих уникальных совещаний с 1964 по 1979 г.

В соответствии со своим пониманием творческой деятельности, Дмитрий Иванович предлагал такую организацию научного совещания, которая давала бы его участникам как можно больше досуга (не отдыха, а досуга — в том смысле этого слова, какой в него вкладывали древние греки, и которого так мало в современной жизни). Он считал, что полезно не только слушать доклады, но и еще полезнее беседовать с интересными собеседниками, которых редко встречаешь. Конференции и совещания, организуемые под руководством Дмитрия Ивановича, тщательно продуманные и спланированные, давали участникам возможность максимальной самоотдачи. В этом одна из причин неуклонного роста их популярности.

Ему принадлежит решающая роль в установлении первых научных обменов между ЦЕРН (Женева) и ОИЯИ, в организации многих международных конференций и симпозиумов, в том числе т. н. Рочестерских конференций — крупнейших конференций по физике высоких энергий.

Дмитрий Иванович Блохинцев был выдающимся государственным и общественным деятелем: членом Советского комитета защиты мира, советником Научного совета при генеральном секретаре ООН, вице-президентом (1961–1966 гг.) и президентом (1966–1969 гг.) Союза чистой и прикладной физики при ЮНЕСКО (ИЮПАП), членом Комитета по Ленинским и Государственным премиям и большого числа комиссий, ученых советов и редколлегий.

Заслуги Д. И. Блохинцева отмечены высокими наградами, советскими и зарубежными: ему присвоено звание Героя Социалистического Труда, он является лауреатом Ленинской и двух Государственных премий, в числе его наград — четыре ордена Ленина, орден Октябрьской Революции, орден Трудового Красного Знамени, именная Золотая медаль Академии наук Чехии, орден Кирилла и Мефодия 1-й степени (Болгария), высшие ордена Румынии, Монголии и многие другие ордена и медали СССР и других стран.

Общественная деятельность Д. И. Блохинцева отмечена Почетной грамотой Всемирного Совета Мира за выдающийся вклад в дело укрепления мира (1969). Д. И. Блохинцев был избран членом академий наук многих стран мира и Почетным доктором ряда университетов. Ученый, гражданин, страстный борец за мир, Д. И. Блохинцев в своих статьях и выступлениях неоднократно подчеркивал, что ученый не должен замыкаться в узкопрофессиональной скорлупе: «...Наш долг, великий долг ученых и инженеров нашего времени, и никто не должен от этого уклоняться, состоит в том, чтобы разъяснить всем людям, какая угроза висит над миром, пусть тогда гнев всего человечества остановит безумцев атомной войны».

Многогранность Д. И. Блохинцева, его универсальность проявились не только в научном, но и в эстетическом восприятии мира. Он был оригинальным поэтом и художником, картины которого неоднократно демонстрировались на выставках, а их репродукции печатались в журналах и газетах. Через всю жизнь пронес Дмитрий Иванович любовь к поэзии, многие его стихи печатались в журналах и опубликованы в сборнике «Муза в храме науки» (1982 г.). Но большая часть его стихов еще ждет публикаций. В своих картинах и стихах он — тонкий психолог, внимательный наблюдатель, раз-

мышляющий философ. Д. И. Блохинцев глубоко понимал и сознавал процесс творческого мышления, направленный на создание нового в науке, искусстве. «Творчество, — говорил он, — это не волевой акт, а особое состояние духа и разума, вовлекающее в процесс мышления богатые эстетические переживания».

Личное обаяние остроумного собеседника, неповторимое сочетание спокойствия, кипучей творческой энергии, которой Дмитрий Иванович всегда щедро делился, оставляли неизгладимое впечатление. Суть его личности можно выразить одним словом — творчество. Общение с ним обогащало собеседника. Собеседник Дмитрия Ивановича начинал чувствовать себя творческой личностью, приобретать веру в собственные силы.

## 2

# МОЙ ПУТЬ В НАУКЕ (АВТОРЕФЕРАТ РАБОТ)<sup>\*</sup>

## Введение

В детстве я любил фантазировать. Фантазии реализовались в конструктивные игры и рисунки.

Особенно увлекался я историей «Наутилуса» и его капитана Немо. Наша маленькая квартира, в моем детском воображении, была превращена в «Таинственный остров», план которого был тщательно нарисован, с указанием названий. Был построен и «Наутилус» длиною 80 см и диаметром 20 см, внутри которого были тщательно смоделированы все помещения, как это описано у Жюля Верна. Были и машинное отделение, салон, музей, и смотровое окно.

Рисование помогло позднее изучению техники. Я легко перерисовывал машины, интересуясь любыми из них, и мог, уже в 12–14 лет, сделать грамотный чертеж разреза двигателя или сечения самолетного крыла. Когда я пишу эти строки, передо мною лежат бесчисленные рисунки и чертежи с датами, которые кажутся невероятными. Тем не менее это факт: 1920–1922 гг. Чертежи самолетов, кораблей, автомобилей, выписки и схемы из «Вестника воздушного флота» за 1922–1923 гг. Не представляли для меня труда и кривые, изображавшие те или иные функции. Так, к чертежу винта, показанного в пяти разрезах, приложен график Эйфеля характеристик винтомоторной группы (1922 г.); нервюра крыла снабжена указанием сил ( $R_x, R_y$ ), определяемых известной функцией  $R = kSV^2$ . Диаграммы цикла Карно, схемы четырехтактных и двухтактных двигателей и многое другое.

В это же время я делал модели самолетов (копии реальных), которые пользовались успехом в ячейках ОДВФ<sup>1</sup>. Мои интересы от первоначально разбросанных по любой технике явно сосредоточивались на самолетах и, позднее, на ракетах.

Земная атмосфера показалась мне уже тесной. Вместе с моим другом Н. В. Соловьевым мы соорудили весьма приличный телескоп и ясными зимними ночами мерзли, прильнув к окуляру трубы.

Зрелище лунной поверхности, ярких звезд и туманностей захватывало нас и наполняло трепетным и радостным волнением.

В 1925 г. я окончательно обращаюсь к ракетам. Я знакомлюсь с работами К. Э. Циолковского, выписываю из-за границы работы В. Оберта и М. Фалира. Пришлось одолеть основы дифференциального и интегрального исчисления.

\* Название «Мой путь в науке» автореферату работ дано редколлегией.

<sup>1</sup> Общество друзей воздушного флота. — Прим. ред.

Переписка с К. Э. Циолковским дала мне не только толчок к дальнейшему увлечению идеей космического полета, но и приобщила меня к его мировоззрению, в основе которого лежало преклонение перед красотой Вселенной и ее гармонией.

В этом же году я делаю серию опытов на изобретенном мною приборе для измерения тяги ракет. Камера сгорания подвешивалась к маятнику. В эту камеру ввинчивались различные исследуемые сопла. По отклонению маятника мы, в то время ученики техникума, судили о достоинствах сопла. У меня сохранились протоколы этих испытаний. Эти эксперименты были моей первой научной работой, конечно, неопубликованной (январь 1925 г.). Я овладел теорией ракет, рассчитывал их скорости и их орбиты.

Меня угнетала недостаточность температуры, развиваемой при сгорании даже самых экзотических видов топлива. В рабочей тетради 23 июня 1923 г. записано: «Самый основной вопрос, который остается для меня (вероятно, и для других) открытым, — это вопрос о взрывчатом веществе». И тут я обращаюсь к внутриатомной энергии (ядерной), делая примечание: «Но ведь мы еще не научились управлять ею». «Ракета» — это вторая моя работа и первая теоретическая. В какой мере эта работа была компиляцией, а в какой степени оригинальной, мне сейчас судить трудно. Она содержит много вычислений. На с. 83 этого манускрипта обсуждается применение внутриядерной энергии, подсчитывается завидная энергия  $\alpha$ -частиц. Но как повлиять на радиоактивный распад?

В этот период я посещал читальную БИНТ (Бюро иностранной науки и техники на Мясницкой улице), слушал лекции профессоров Ветчинкина, Рындина и других. Ходил в Петровский дворец на подготовительные курсы для поступления в Военно-воздушную академию.

Мне удалось познакомиться с данными Резерфорда о расщеплении атомного ядра. Из газетных сообщений я узнал о намерениях П. Л. Капицы расщепить атом сильными магнитными полями.

Эти новые и поразительные данные заставили меня переориентироваться, и в 1926 г., осенью, я поступил не в Военно-воздушную академию, а на физический факультет Московского государственного университета.

Физика, и особенно теоретическая физика, настолько увлекла меня сама по себе, что я надолго забыл о своих мечтах о космических полетах на Луну и Марс.

## 1. Физический факультет МГУ

На физический факультет я поступил осенью 1926 г.

Крайне утомленный подготовкой к вступительным экзаменам, которые совмещал с работой в подвалах «Азвина» (куда я попал из-за безработицы по окончании техникума), я с трудом одолевал первый курс, держась на необходимом уровне.

Только позднее, на втором курсе я пришел в себя и смог преодолеть пределы среднего. Изучал глубже математику, общую физику — курс, который блестяще читал А. Б. Младзеевский. Профессора И. И. Жегалкин, Н. Н. Лузин, Д. Ф. Егоров блестяще преподавали нам основы высшей математики.

Я выступил с рядом докладов по электронной теории на заседаниях студенческого кружка, руководимого Н. Ф. Грановским, тогда аспирантом физического факультета. Эти доклады были оценены слушателями. Кто-то из них сказал: «Почти как на лекциях Л. И. Мандельштама». Это «почти» очень меня окрылило для дальнейшего.

И. Е. Тамм обратил на меня внимание и поручил мне подсчитать для его работы символы Кристоффеля. Тот, кто знает, что это такое, может оценить, каким испытанием для меня были эти расчеты.

В этот период (1927–1929 гг.) возникла квантовая механика, а вместе с ней открылись огромные возможности применения этой новой физической концепции и новых методов расчета различных атомных явлений.

Совместно с И. Е. Таммом я разработал теорию штарк-эффекта. Эта работа не была опубликована, так как интересующие нас результаты опубликовал раньше нас один из заграничных физиков.

Большой интерес теоретиков в то время вызывала теория металлов и вообще кристаллических тел. Моя первая опубликованная работа была выполнена по идеи И. Е. Тамма и совместно с ним. Она была посвящена вычислению выхода электронов из металла [1].

Моя первая самостоятельная работа была посвящена теории движения электрона в периодическом поле [2].

В этой работе я дал обобщение теории Блоха на случай, когда имеется несколько проводящих зон, в частности, когда они могут пересекаться между собой. Был найден также явный вид волновой функции в форме плоских волн, модулированных в такт периодичности решетки, и найден для них ряд Фурье:

$$\Psi(\mathbf{x}) = N \exp\left(i \frac{\mathbf{Kx}}{a}\right) F(ia\boldsymbol{\nabla}_{\mathbf{K}}) \sum_{\mathbf{g}=-\infty}^{+\infty} \frac{1}{[(\mathbf{K} + 2\pi\mathbf{g})^2 + (a^2/a_0^2)]}. \quad (1.1)$$

Здесь  $\mathbf{g}$  — вектор с целочисленными компонентами  $g_1, g_2, g_3$ ,  $\mathbf{K}/a$  — волновой вектор,  $a$  — постоянная решетки,  $a_0$  — «радиус» атома,  $\boldsymbol{\nabla}_{\mathbf{K}}$  — оператор градиента по вектору  $\mathbf{K}$ .

Особенно важной была формула для энергии перекрывающихся зон, например, для  $S$ - и  $P$ -зон вблизи их перекрытия было получено

$$E_S = E_S(\xi, \eta, \zeta) - \alpha(\sin^2 \xi + \sin^2 \eta + \sin^2 \zeta), \quad (1.2)$$

$$E_P = E_P(\xi, \eta, \zeta) + \alpha \sin^2 \xi. \quad (1.2')$$

Здесь  $\xi, \eta, \zeta$  — компоненты вектора  $\mathbf{K}$ ;  $E_S$  и  $E_P$  — энергии невзаимодействующих зон. В (1.2) и (1.2') предполагается  $\xi \cong \pm\pi, \eta, \zeta$ . Аналогично для других  $P$ ,  $E_{P2}, E_{P3}$ ;  $\alpha = \delta/\Delta$ ,  $\delta$  — коэффициент связи зон,  $\Delta = \min E_S - \max E_P$ .

Вторая работа на эту же тему была выполнена совместно с доктором Л. Нордхеймом (Германия) [3] и посвящена расчету аномальных магнитных и термоэлектрических эффектов в металлах.

Перекрытие зон проводимости, рассмотренное в предыдущей работе, играет фундаментальную роль, так как  $S$ -зона дает дырочную, а  $P$ -зона —

обычную проводимость. Вычисления были сделаны при весьма общих предположениях об энергии электрона:

$$E(\xi, \eta, \zeta) = E_0 + \frac{1}{2} \left( \frac{\partial^2 E}{\partial \xi \partial \eta} \right)_0 \xi \eta + \dots \quad (1.3)$$

Тензор с компонентами  $\frac{\partial^2 E}{\partial \xi \partial \eta}$  есть тензор, обратный тензору эффективной массы электрона  $m_{\xi\eta}, m_{\xi\zeta}, \dots, m_{\zeta\zeta}$ . В последней стадии вычислений были сделаны оценки этого тензора исходя из работы [2], или теории возмущений.

Были вычислены: коэффициент Томсона (термоэлектрический), коэффициент для аномального эффекта Холла, проводимость металла и ее изменение в сильном магнитном поле. В то время эти результаты были и новы, и актуальны.

## 2. Теория выпрямления тока твердыми полупроводниками

Проблема выпрямления тока твердыми выпрямителями в тридцатых годах была предметом разносторонних экспериментальных исследований, особенно в Ленинграде, у А. Ф. Иоффе (работы Жузе и др.), позднее в Киеве (В. Е. Лашкарев и др.).

Разрабатывалась и теория этого явления. Однако общая суть явления терялась в особенностях специальных моделей. На самом деле эта суть чрезвычайно проста, она описана в работе [14] совместно с Б. Давыдовым<sup>1</sup>.

Я обратил внимание на то, что на границе двух проводников или, что ближе к делу, на границе двух полупроводников должны соблюдаться два граничных условия: равенство нормальных компонент плотности тока

$$J_{1N} = J_{2N} \quad (2.1)$$

и нормальных компонент электрического поля

$$\mathcal{E}_{1N} = \mathcal{E}_{2N}. \quad (2.1')$$

С другой стороны,  $J_1 = \sigma_1 \mathcal{E}_1$ ,  $J_2 = \sigma_2 \mathcal{E}_2$ , где  $\sigma_1$ , и  $\sigma_2$  — электропроводности первого и второго проводника соответственно. Очевидно, что (2.1) и (2.1') несовместимы. Как известно, противоречие между этими равенствами разрешается в результате введения поверхностных зарядов на границе проводников. Если плотность этих зарядов есть  $\alpha$ , то ее величина определяется из следующих условий:

$$\sigma_1 \mathcal{E}_{1N} = \sigma_2 \mathcal{E}_{2N}, \quad (2.2)$$

$$\mathcal{E}_{1N} - \mathcal{E}_{2N} = 4\pi\alpha. \quad (2.2')$$

Мое замечание состояло в том, что на самом деле поверхностная плотность зарядов есть абстракция, непригодная в рассматриваемой проблеме. На самом

---

<sup>1</sup> Б. Давыдов, узнав от И. Е. Тамма о моей идеи, присоединился ко мне и, по моей халатности, несколько испортил изложение идеи, пытаясь адаптировать ее к своим прежним частным публикациям.

деле  $\alpha = \rho d$ , где  $\rho$  — объемная плотность зарядов, а  $d$  — толщина слоя заряда вблизи границы проводников. Для объемной плотности заряда имеем известное уравнение:

$$4\pi e[n(x) - n_0] = 4\pi\rho = \operatorname{div} \mathcal{E} = \frac{\partial \mathcal{E}}{\partial x}, \quad (2.3)$$

где  $n(x)$  есть фактическая, местная плотность в точке  $x$  частиц (электронов или дырок), переносящих ток,  $e$  — заряд этих частиц, а  $n_0$  — их средняя плотность в проводнике.

Иными словами, формальное условие (2.2') есть следствие уравнения (2.3); вблизи границы поле  $\mathcal{E}$  не может быть постоянным. С другой стороны, электропроводность проводника  $\sigma$  пропорциональна числу носителей тока:  $\sigma = \gamma n(x)$ . На основании (2.3) имеем

$$\sigma = \gamma n_0 \left( 1 + \frac{1}{4\pi n_0} \frac{\partial \mathcal{E}}{\partial x} \right). \quad (2.4)$$

Отсюда и на основе закона Ома получаем для плотности тока

$$J = \sigma_0 \left( 1 + \frac{1}{4\pi n_0} \frac{\partial \mathcal{E}}{\partial x} \right) \mathcal{E}(x). \quad (2.5)$$

Там, где  $\frac{\partial \mathcal{E}}{\partial x} \neq 0$ , закон Ома нелинеен. Из (2.2') следует, что эта нелинейность обязательно будет иметь место на границе двух проводников. Однако для хороших проводников с большим числом носителей тока  $n_0$  второй член в (2.5) мал. Для полупроводников же с малым  $n_0$  эффект нелинейности велик. Ясно, что при симметричном соединении проводников в «бутерброд», показанный на рис. 1, *a*, несмотря на нелинейность в силу симметрии системы выпрямления тока не будет. Выпрямление обязательно будет в системе, показанной на рис. 1, *б*, представляющей несимметричный «бутерброд». Например, *1* есть

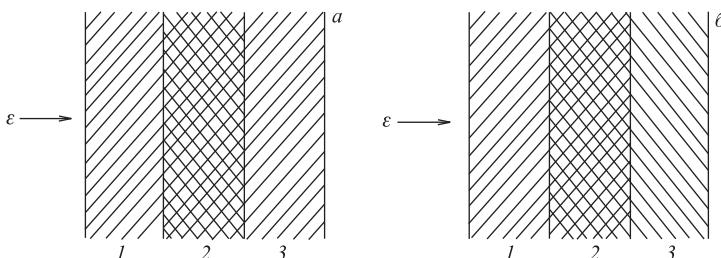


Рис. 1

металл (хороший проводник), 2 — очень плохой полупроводник (имеющий очень малое  $n_0^{(2)}$ ), 3 — какой-нибудь другой полупроводник с  $n_0^{(3)} > n_0^{(2)}$ . Тогда при направлении тока  $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3$  электроны (пусть это будут электроны!) оттекут от границы (1, 2) и соберутся у границы (2, 3). При направлении тока

$3 \rightarrow 2 \rightarrow 1$  они будут собираться у границы (1, 2). Таким образом, возникает обязательный эффект выпрямления тока.

Раньше, исходя из специальных моделей, полагали, что для выпрямления тока необходим контакт полупроводников различных типов проводимости: дырочных и электронных. Как видно, это необязательно. Достаточно двух условий: а) нелинейности закона Ома (2.5) и б) несимметрии «бутерброда».

Следуя этой идеи, Б. Давыдов произвел конкретные расчеты электронного выпрямления. Было показано, что и в этом случае имеет место эффект выпрямления. Тем самым была подтверждена правильность исходных положений моей теории.

### 3. Оптика

Две следующие работы были посвящены оптике.

В первой из них рассматривался эффект Штарка в сильном переменном электрическом поле [4]. Такое поле внутри атома может быть описано простой формулой:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_0 \cos \omega_0 t. \quad (3.1)$$

В постоянном электрическом поле расщепление уровней атома  $\Delta\omega$ , вызванное этим полем, определяется собственными значениями скалярного произведения  $-\mathcal{E}\mathbf{P}_{nm}$ , где  $\mathbf{P}_{nm}$  есть матрица электрического момента, не возмущенного полем атома:

$$\Delta\omega = \text{состр. значение } (-\mathcal{E}\mathbf{P}_{nm}). \quad (3.2)$$

Спектр частот атома, помещенного в поле, будет определяться формулой

$$\omega = \omega_{nm}^0 + \Delta\omega_{nm}, \quad (3.3)$$

где  $\omega_{nm}$  — боровская частота невозмущенного атома,  $\Delta\omega_{nm}$  — ее изменение, вызванное статическим полем (при  $\omega_0 = 0$ ). В реферируемой работе было показано, что хорошее приближение можно получить и для случая переменного поля (3.1), если всюду заменить гармонические множители

$$e^{i\omega t} \quad \text{на} \quad \exp \left( i\omega_{nm}^0 t + i \int_0^t \Delta\omega_{nm}(\tau) d\tau \right). \quad (3.4)$$

Это последнее выражение на основании (3.1) гласит:

$$F(t) = \exp \left( i\omega_{nm}^0 t + i \Delta\omega_{nm} \int_0^t \cos \omega_0 \tau d\tau \right). \quad (3.5)$$

Иными словами, берется адиабатическое приближение для частоты  $\omega$ . Возникший спектр получится, если найти фурье-разложение выражения (3.5). Это разложение дает

$$F(t) = e^{i\omega_{nm}^0 t} \left\{ J_0(x) + \sum_{p=1}^{\infty} J_p(x) [e^{ip\omega_0 t} + (-1)^p e^{-ip\omega_0 t}] \right\}, \quad (3.6)$$

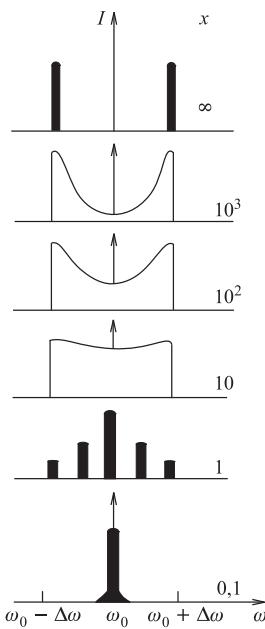


Рис. 2

где  $J_p(x)$  есть функция Бесселя порядка  $p$ , причем

$$x = \frac{\Delta\omega_{nm}}{\omega_0} \quad (3.7)$$

есть отношение расщепления в статическом электрическом поле  $\mathcal{E}_0$  к частоте переменного поля  $\omega_0$ . Формула (3.6) определяет распределение интенсивностей в спектре излучения атома, помещенного в переменное электрическое поле.

Согласно (3.1) и (3.2) расщепление  $\Delta\omega_{nm}$  пропорционально амплитуде падающего на атом поля  $\mathcal{E}_0$ , т. е.  $\Delta\omega_{nm}$  пропорционально  $\sqrt{I_0}$ , где  $I_0$  — интенсивность падающего поля. Из (3.6) следует, что интенсивность излучаемого атомами поля нелинейно зависит от интенсивности поля падающего (так как параметр  $x$ , определяющий спектр излучения, пропорционален  $\sqrt{I_0}$ ). На рис. 2 приведен полученный спектр для различных значений  $x$ .

Насколько можно судить, эта работа была первой работой по нелинейной оптике — области, получившей теперь столь существенное развитие и значение.

#### 4. Теория фосфоресценции кристаллических фосфоров

В начале тридцатых годов большой интерес вызывали фосфоры — кристаллы, способные длительно сохранять накопленную энергию света и медленно излучать ее в другом спектре, специфическом для каждого рода фосфора. Эти работы позднее получили большое развитие в трудах ФИАНа, в работах С. И. Вавилова, В. Л. Левшина, В. В. Антонова-Романовского и др. Главной проблемой здесь было уяснение причины, почему подобные фосфоры излучают световую энергию часами, в то время как обычное, характерное для свободных атомов время излучения, составляет величину порядка  $10^{-8}$  с? Решению этого вопроса и была посвящена моя работа [5]. В идеальной кристаллической решетке возбужденный электрон нелокализован. Если в состоянии  $\psi_n(x)$  электрон локализован около  $n$ -го атома кристаллической решетки, то истинное состояние электрона в решетке будет представляться волной:

$$\psi(x) = \sum_n C_n \psi_n(x), \quad (4.1)$$

где

$$C_n = e^{i\xi n} \quad (4.2)$$

и  $\xi/a = K$  есть импульс электрона;  $a$  — постоянная решетки. Отсюда видно, что электрон в решетке нелокализован, так как  $|C_n| = 1$  и все положения электрона равновероятны. При этом спектр энергии электрона в проводящей зоне имеет вид

$$E = \alpha + 2\beta \cos \xi \quad (4.3)$$

(ради простоты формула записывается для одного измерения),  $\alpha$  и  $\beta$  — некоторые константы. Величина  $\beta$  связана с эффективной массой электрона:  $m^* = -2\beta/\hbar^2$ .

В обсуждаемой работе было показано, что всякая местная деформация решетки при определенных условиях может привести к образованию локальных состояний, т. е. состояний, сосредоточенных около какого-либо определенного узла кристалла  $n = n_0$ . Если обозначить через  $\alpha'$  и  $\beta'$  значения  $\alpha$  и  $\beta$  для деформированной области решетки, то при условии

$$\alpha' + 2\beta' < \alpha + 2\beta, \quad \beta < 0, \quad (4.4)$$

или

$$\alpha' + 2\beta' > \alpha + 2\beta, \quad \beta > 0, \quad (4.4')$$

коэффициенты  $C_n$  приобретают вид

$$C_n = e^{-\mu|n-n_0|}, \quad (4.5)$$

где  $\mu$  — некоторый коэффициент, зависящий от деформации. Уровень энергии, отвечающий локализованному состоянию, определяется формулой

$$E = \alpha + 2\beta \cosh \mu, \quad (4.6)$$

и так как  $\cosh \mu > 1$ , то он всегда лежит между зонами, в запрещенной полосе. Было отмечено, что локализованные состояния могут возникать не только для электронных волн, но и для волн спиновых или волн возбуждения (экстонов).

В кристаллических фосфорах, также называемых ленардовскими, всегда имеются вкрапления посторонних атомов (обычно атомов тяжелых элементов в очень незначительной концентрации,  $10^{-4}$ – $10^{-6}$ ), которые и могут обусловливать деформацию решетки. При  $\beta < 0$ ,  $m^* > 0$  возникающий локальный уровень лежит ниже зоны проводимости, так что возможен захват электрона из верхней зоны (зоны проводимости) на локальный уровень в одном месте решетки и захват «дырки» на другой локальный уровень, в другом месте, рис. 3. Тем самым исключается возможность прямой рекомбинации (точнее, время прямой рекомбинации становится огромным) — фосфор хранит энергию возбуждения.

Выбитый тепловым движением электрон или дырка могут рекомбинировать, и очевидно, что рекомбинация их должна подчиняться закону бимолекулярной реакции:

$$\frac{dN}{dt} = -kN^2. \quad (4.7)$$

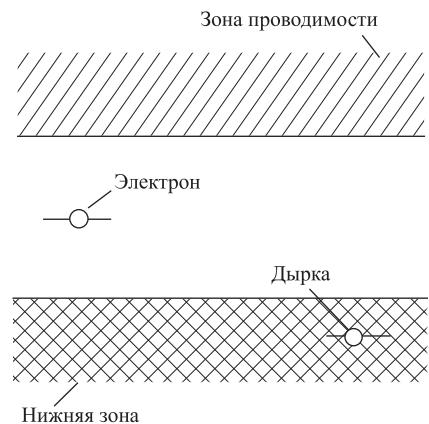


Рис. 3

Здесь  $N$  — число рекомбинаций, а  $k$  — коэффициент рекомбинаций, зависящий от температуры  $T$  экспоненциально:  $\sim \exp(-\Delta E/T)$ . Этот закон свечения фосфора (рекомбинация сопровождается высвечиванием фосфора) был найден В. Левшиным и В. Антоновым-Романовским.

Таким образом, механизм свечения ленардовских фосфоров получил свое разъяснение. Ряд дальнейших моих работ, относящихся к рассматриваемой области физики, был посвящен деталям кинетики фосфоресценции [8, 9, 27, 28], теории гетерополярных кристаллов [6], теории окрашенных кристаллов (так называемых « $F$ -центров») [7].

## 5. Смещение спектральных линий, вызванное обратным действием поля излучения

Под таким названием на семинаре в ФИАНе в 1938 г. мною была доложена работа, которая, в сущности, содержала теорию лэмбовского сдвига, открытого позднее, спустя почти десять лет.

О принципиальном значении этого эффекта для теории квантованных полей говорить теперь излишне.

Однако эта моя работа, к сожалению, не была опубликована, так как редакция журнала ЖЭТФ возвратила мне рукопись, считая мои расчеты необычными. У меня хранится возвращенная ими рукопись с печатью журнала, удостоверяющей срок ее поступления (25/II 1938 г.). Не нашел я поддержки и среди своих коллег в ФИАНе. Других путей не было. И эта важнейшая работа не была в свое время опубликована [10].

Основная идея работы вытекала из моего глубокого убеждения в реальном существовании физического вакуума, однако я не стал подчеркивать эту сторону дела, опасаясь «крика беотийцев». Доложенный мною расчет основывался на уравнениях квантовой электродинамики, которые выписывались для возбужденного атома, находящегося в состоянии  $m$  и взаимодействующего с электромагнитным полем. Амплитуду этого состояния обозначим через  $a_m(t)$ . Атом в результате взаимодействия с вакуумным полем может перейти в нижнее состояние  $n$  и испустить при этом квант света  $\hbar\omega_s$ . Амплитуду этого нового состояния обозначим через  $a_{ns}(t)$ . При  $t \rightarrow \infty$  величина  $|a_{ns}(t)|^2$  дает вероятность перехода  $m \rightarrow n$  с излучением кванта  $\hbar\omega_s$ . Иными словами,  $|a_{ns}(t)|^2$  дает форму излучаемой линии. Уравнения для исходной амплитуды  $a_m(t)$  и амплитуды  $a_{ns}(t)$  гласят:

$$i\hbar \frac{da_m}{dt} = \sum_s (0|\hat{H}|\omega_s) e^{i(\omega_s - \omega)t} a_{ns}, \quad (5.1)$$

$$i\hbar \frac{da_{ns}}{dt} = (\omega_s|\hat{H}|0) e^{i(\omega - \omega_s)t} a_m, \quad (5.1')$$

где  $\hat{H}$  — энергия возмущения. Введем обозначения:

$$F(\omega) = \sum_{\omega_s, \omega_s + d\omega_s} \frac{1}{\hbar^2} |(\omega_s|H|0)|^2, \quad (5.2)$$

$$F(\omega) = \rho(\omega) \frac{2\pi e^2}{\hbar\omega\mu^2} \int_{\Omega} |lP_{mn}|^2 d\Omega. \quad (5.3)$$

Здесь  $\rho(\omega)$  — плотность фотонов частоты  $\omega$ ,  $P_{mn}$  — электрический момент атома. Остальные обозначения очевидны. Заметим, что

$$F(\omega_0) = \frac{1}{2\pi\tau_0}, \quad (5.4)$$

где  $\tau_0$  есть время жизни атома в возбужденном состоянии. Вычисления приводят к формуле

$$a_{ns_0}(t) \cong \exp(-\pi F(\omega_0) + i\delta\omega_0 t), \quad (5.5)$$

где  $\delta\omega_0$  есть смещение частоты:

$$\delta\omega_0 = PV \int_0^{\infty} \frac{F(\omega)d\omega}{\omega - \omega_0}. \quad (5.6)$$

Этот интеграл был вычислен для перехода серии Лаймана, при этом я ограничился при вычислении  $F(\omega)$  состояниями дискретного спектра, что означало применение определенного обрезания частот («cut off»). Фактически это ограничение означало вычитание вклада удаленных состояний и в том числе состояний непрерывного спектра. Тем не менее оно не сильно отличалось от точного вычитания с помощью перенормировки массы электрона, изобретенной позднее, в 1947–1948 гг., американскими теоретиками<sup>1</sup>. В результате вычислений было получено

$$\delta\omega_0 = k \left( \frac{e^2}{\hbar c} \right)^3 \frac{Z^4}{n^3} R \lg \left( \frac{\mu c^2}{\Delta E_{cp}} \right), \quad (5.7)$$

где  $k$  — численный коэффициент,  $\Delta E_{cp}$  — средняя энергия,  $n$  — главное число уровня,  $R$  — постоянная Ридберга.

В силу неточности в обрезании коэффициент  $k$  и значения  $\Delta E_{cp}$  несколько отличались от точных значений, полученных методом перенормировки массы электрона<sup>2</sup>. Вычисленное по этой формуле отношение  $\delta\omega_0/\omega = 2,8 \cdot 10^{-8}$  для иона Не находилось в хорошем согласии и по величине, и по знаку с наблюденным в измерениях Пашена (Ann. d. Phys. 1927. V. 387. P. 689), которое составляло у него  $10^{-6}$ – $10^{-7}$ . Более точных измерений тогда не было. Это обстоятельство, конечно, неблагоприятно отразилось на дальнейшем усовершенствовании неопубликованной работы. И только после войны, в 1948 г., выяснилось все ее значение для теоретической физики.

<sup>1</sup> См. обзор Я. А. Смородинского (УФН. 1949. Т. 39. С. 325), в котором автор описал также и эту мою неопубликованную работу, опережавшую на десять лет американские исследования.

<sup>2</sup> Замечу, что (5.7) можно переписать в виде  $\delta\omega_0 \cong |\psi_s(0)|^2$ , как это обычно сейчас и делают: здесь  $\psi_s(0)$  — значение волновой функции в точке  $r = 0$ .

## 6. Квантовая механика

**6.1. Квантовый ансамбль Гиббса.** В 1930–1940-х гг. в ФИАНе и МГУ интерес многих физиков-теоретиков сосредоточивался вокруг основ квантовой механики, которая в то время многим казалась полной парадоксов.

Мы с большим интересом и уважением прислушивались к суждениям великого Н. Бора, но моему научному мировоззрению более импонировала позиция фон Неймана, изложенная им в его знаменитой книге «Математические основы квантовой механики».

Подчеркнутый статистический подход к пониманию квантовой механики нашел основательный отклик в лекциях Л. И. Мандельштама, в работах К. В. Никольского и моих.

Я заинтересовался изучением природы квантового ансамбля, его связью с классическим ансамблем Гиббса. Этой теме и была посвящена моя первая работа по собственно квантовой механике. В основу изучения указанной связи я положил «статистический оператор» фон Неймана, или, как теперь чаще говорят, «матрицу плотности»  $\hat{\rho}$ , взятую в смешанном представлении, а именно: вместо обычного представления этой матрицы в пространстве координат  $q$  изучаемой системы  $R_f(q)$  ( $f$  — число степеней свободы) я рассматривал оператор  $\hat{\rho}$  в фазовом пространстве  $R_{2f}(q, p)$ . Это достигалось следующим образом [11]: если  $(q|\hat{\rho}|q')$  есть матричный элемент оператора  $\hat{\rho}$  в координатном пространстве, то вводимая новая матрица  $R(q, p)$  имела элементы, которые определялись по формуле

$$R(q, p) = \int (q|\hat{\rho}|q') \exp\left(i \frac{p(q - q')}{\hbar}\right) dq'. \quad (6.1)$$

Было показано, что определенная таким образом величина имеет свойства, крайне близкие к свойствам классической плотности  $R_{\text{кл}}(q, p)$  в фазовом пространстве ансамбля Гиббса. В частности,

$$\rho(q) = \int R(q, p) \frac{dp}{2\pi\hbar} \quad (6.2)$$

есть плотность вероятности в пространстве  $R_f(q)$ ;

$$\rho(p) = \int R(q, p) \frac{dq}{2\pi\hbar} \quad (6.2')$$

есть плотность вероятности в пространстве  $R_f(p)$ . Среднее значение от любой механической величины, изображенной оператором  $\widehat{L}$ , вычисляется по формуле

$$\overline{L} = \text{Sp}(\widehat{\rho}\widehat{L}) = \int L(q, p) R^*(q, p) \frac{dq dp}{2\pi\hbar}, \quad (6.3)$$

где  $L(q, p)$  — матричный элемент оператора  $\widehat{L}$  в смешанном представлении (вычисляется, как показано, по формуле (6.1)). Если  $\widehat{L}$  не содержит произведений  $\widehat{q}^n \widehat{p}^m$ ,  $n, m \neq 0$ , то

$$L(q, p) = L_{\text{кл}}(q, p). \quad (6.4)$$

В частности, гамильтониан  $H(q, p)$  в этом представлении имеет простой вид:

$$H(q, p) = \frac{p^2}{2m} + V(q). \quad (6.5)$$

Таким образом, величина  $R(q, p)$  действительно имеет свойства, очень близкие к классической плотности вероятности  $R_{\text{кл}}(q, p)$  в ансамбле Гиббса, однако принцип дополнительности выражается в этой схеме в том, что

$$\operatorname{Im} R(q, p) \neq 0, \quad (6.6)$$

в то время как  $R_{\text{кл}}(q, p) \geq 0$ , конечно, действительная величина. Функция  $R(q, p)$ , так же как и классическая плотность  $R_{\text{кл}}(q, p)$ , удовлетворяет теореме Лиувилля:

$$\frac{d\hat{R}}{dt} = \frac{\partial \hat{R}}{\partial t} + [\hat{H}, \hat{R}] = 0, \quad (6.7)$$

где  $[\hat{H}, \hat{R}]$  есть квантовая скобка Пуассона, взятая в смешанном « $qp$ »-представлении. В описываемой работе был найден явный вид этой скобки. Далее было показано, что если потенциал  $V(q)$  есть гладкая функция и  $R_{t=0}(q, p)$  — тоже гладкая функция, то

$$\frac{\partial \hat{R}}{\partial t} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-i\hbar)^{n-1}}{n!} [\hat{H}, \hat{R}]_n = 0, \quad (6.8)$$

где  $[\hat{H}, \hat{R}]_n$  есть классическая скобка Пуассона  $n$ -го порядка:

$$[A, B]_n = \frac{\partial^n A}{\partial p^n} \frac{\partial^n B}{\partial q^n} - \frac{\partial^n A}{\partial q^n} \frac{\partial^n B}{\partial p^n}. \quad (6.9)$$

Первые два члена в ряду (6.8) совпадают с классическими:

$$\frac{\partial R}{\partial t} + \frac{p}{m} \frac{\partial R}{\partial q} + \frac{\partial R}{\partial p} \frac{\partial V}{\partial q} + \dots = 0. \quad (6.10)$$

Вторая работа в этой же области была сделана совместно с П. Э. Немировским [12] и посвящалась предельному переходу для  $R(q, p)$  при  $\hbar \rightarrow 0$ . В ней было показано, что в системе, содержащей тождественные частицы, переход от квантовой плотности  $R(q, p)$  к классической  $R_{\text{кл}}(q, p)$  возможен лишь в том случае, если производится усреднение  $R(q, p)$  по ячейкам фазового пространства  $\Delta\Omega > \hbar$ .

Наконец, третья работа из этого же круга вопросов представляет собой подход с другого конца [35]. Было найдено уравнение для фурье-компонент классической плотности в пространстве фаз  $R_{\text{кл}}(q, p)$ , а именно, уравнение для величины:

$$\rho_{\text{кл}}(q, q') \equiv \rho_{\text{кл}}(Q, \xi) = \int R_{\text{кл}}(q, p) \exp \left( i \frac{p\xi}{\hbar^*} \right) dp, \quad (6.11)$$

где  $Q = (q + q')/2$ ,  $\xi = q - q'$  и  $\hbar^*$  есть произвольная константа размерности действия; заметим, что  $q'$  есть другая точка в том же пространстве, что и точка  $q$ . Это уравнение гласит:

$$\frac{\partial \rho_{kl}}{\partial t} - \frac{i\hbar^*}{m} \frac{\partial^2 \rho_{kl}}{\partial Q \partial \xi} + \frac{1}{i\hbar^*} \xi \frac{\partial V}{\partial Q} \rho_{kl} = 0. \quad (6.12)$$

Уравнение в квантовой механике для  $\rho(q, q')$ , в тех же переменных, имеет вид

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} - \frac{i\hbar}{m} \frac{\partial^2 \rho}{\partial Q \partial \xi} + i\hbar \left[ V\left(Q + \frac{\xi}{2}\right) - V\left(Q - \frac{\xi}{2}\right) \right] = 0. \quad (6.13)$$

Соответствие между (6.12) и (6.13) очевидно: (6.13) переходит в (6.12) для гладких потенциалов  $V(q)$ , если положить  $\hbar^* = \hbar$ .

Аналогия квантового ансамбля с классическим ансамблем Гиббса оказалась столь далеко идущей, что меня одно время одолевали мысли о возможности сформулировать всю квантовую механику в терминах матрицы плотности в фазовом пространстве  $R(q, p)$ . Можно было бы думать, что для этого достаточно дополнить классическую статистическую механику условием

$$\overline{\Delta p^2} \overline{\Delta q^2} \geq \frac{\hbar^2}{4}. \quad (6.14)$$

Однако эту программу провести не удалось, так как многие важные свойства плотности  $R(q, p)$ , как выяснилось, не могут быть сформулированы без обращения к понятию волновой функции<sup>1</sup>. В этом проявляется линейная природа квантовой механики.

**6.2. Принцип детального баланса и квантовая механика.** В курсах и монографиях, посвященных квантовой статистике, широко используется так называемый принцип детального баланса<sup>2</sup>. Согласно этому принципу вероятность перехода  $P_{kl}$  из состояния  $k$  в состояние  $l$  равна вероятности обратного перехода  $P_{lk}$  из состояния  $l$  в состояние  $k$ . Этот принцип настолько утвердился в сознании физиков, что даже такой основательный теоретик, как Гитлер, в своей широко известной книге выражает мнение, что этот принцип, может быть, не будет справедлив в «будущей теории»<sup>3</sup>. Между тем известно, что этот принцип не соблюдается уже в классической механике<sup>4</sup>. Это обстоятельство побудило меня рассмотреть подробнее этот принцип с точки зрения квантовой механики. В настоящее время, когда уже начинающего теоретика знакомят с *CPT*-теоремой, возникшая в то время ситуация покажется попросту удивительной. Однако она на самом деле имела место. В «Квантовой механике» Л. Ландау и Е. Лифшица есть правильное замечание по этому поводу, и, когда я указал Л. Д. на то, что мною уже

<sup>1</sup> Речь идет о таких свойствах, как свойства симметрии и эрмитовости.

<sup>2</sup> См., например, *Fowler R. Statistical mechanics*. Cambridge, 1936.

<sup>3</sup> *Heitler W. Quantum Theory of Radiation*. 2nd Ed. Cambridge, 1944. P. 252.

<sup>4</sup> *Lorenz H. // Sitz. Ber. d. Ak. d. Wiss. zu Wien. 1887. Bd. 95. S. 115.* На самом деле я вначале написал свою работу, а уже позднее узнал о работе Лоренца.

было опубликовано разъяснение этого кажущегося парадокса, Л. Д. ответил в своем духе: «Вашу работу мы читали, но и сами это понимали...»

В классической механике имеет место принцип детального баланса в тех случаях, когда силы инвариантны относительно перемены знака скоростей всех частиц.

В других случаях этот принцип не соблюдается. Совершенно такое же положение имеет место и в квантовой механике.

В моей работе [32] было указано, что в квантовой механике вероятность перехода из состояния  $k$  в состояние  $l$  за время  $t$  равна

$$P_{kl} = |S_{kl}(t)|^2, \quad (6.15)$$

где

$$\hat{S}(t) = \exp\left(-i\frac{\hat{H}t}{\hbar}\right) \quad (6.16)$$

и  $\hat{H}$  есть оператор Гамильтона. Однако матрица  $\hat{S}$  унитарна, а не эрмитова, поэтому, вообще говоря,  $P_{kl} \neq P_{lk}$ . Из унитарности матрицы  $\hat{S}(t)$  следует только такое равенство:

$$P_{kl}(t) = P_{lk}(-t). \quad (6.17)$$

Дальнейшие заключения могут быть сделаны лишь при определенных предположениях о симметрии оператора Гамильтона  $\hat{H}$ . Если он остается инвариантным при заменах

$$p \rightarrow -p, \quad \mathcal{H} \rightarrow -\mathcal{H}, \quad \sigma \rightarrow -\sigma, \quad (6.18)$$

здесь  $p$  — импульсы частиц,  $\mathcal{H}$  — магнитное поле,  $\sigma$  — спиновые операторы частиц, так, что

$$\hat{H}(p, \mathcal{H}, \sigma) = H(-p, -\mathcal{H}, -\sigma), \quad (6.19)$$

то

$$P_{l\alpha;k\beta}(t, \mathcal{H}, \sigma) = P_{-l,-\alpha;-k,-\beta}(t, -\mathcal{H}, -\sigma), \quad (6.20)$$

где  $l, k$  — индексы импульсов частиц,  $\alpha, \beta$  — индексы их спинов. Таким образом, принцип детального баланса, как его обычно понимали в квантовой статистике, имеет место лишь в первом приближении теории возмущений, так как в этом случае достаточно свойства эрмитовости оператора Гамильтона.

Этот принцип будет выполняться в любом приближении, если силы, действующие между частицами, центральные.

Таковы были выводы из реферируемой работы, содержавшей полное разъяснение кажущегося парадокса о неравенстве вероятностей для переходов  $l \rightarrow k$  и  $k \rightarrow l$ . В настоящее время доказанные в этой работе утверждения рассматриваются как естественная часть *CPT*-теоремы.

**6.3. О разделении системы на части квантовую и классическую.** Эта работа проводилась совместно с Я. Б. Дащевским<sup>1</sup> и вытекала из моего давнего интереса к вопросу о взаимодействии классической системы с квантовой [13]. Позднее это привело меня к важному шагу в понимании механизма квантово-механических измерений [68].

<sup>1</sup> Трагически погибшим в Дарницком лагере от рук фашистов.

Суть описанной работы такова: пусть  $x$  — переменные квантовой части, а  $X$  — переменные классической части системы. Тогда уравнение Шредингера гласит:

$$i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t} = [H_0(x) + \mathcal{H}_0(X) + W(x, X)] \Psi, \quad (6.21)$$

где  $H_0(x)$ ,  $\mathcal{H}_0(X)$  — гамильтонианы свободных частей, а  $W(x, X)$  — их взаимодействия. Было показано, что разделяющееся решение уравнения (6.21):

$$\Psi(x, X, t) = \psi(x, t)\Phi(X, t), \quad (6.22)$$

где  $\psi(x, t)$ ,  $\Phi(X, t)$  удовлетворяют уравнениям

$$i\hbar \frac{\partial \psi(x, t)}{\partial t} = H_0(x)\psi(x, t) + v(x, t)\psi(x, t) \quad (6.23)$$

и

$$i\hbar \frac{\partial \Phi(X, t)}{\partial t} = \mathcal{H}_0(X)\Phi(X, t), \quad (6.24)$$

$$v(x, t) = \int \Phi^*(X, t)W(x, X)\Phi(X, t)dX, \quad (6.25)$$

может быть получено, если

$$W(x, X) - \int W(x, X)|\Phi(X, t)|^2 dX \cong 0. \quad (6.26)$$

**6.4. Атом в поле зрения электронного микроскопа [31].** Эта работа, посвященная очень специальному вопросу, заслуживает упоминания ввиду несколько необычной постановки вопроса.

Происхождение ее таково. Я обратил внимание на то, что под действием рассеянного электрона атом будет получать отдачу и может быть выбит из своей позиции на поверхности «предметного стекла». Если он не будет выбит при первом рассеянии, то он может быть выбит при последующих.

Следует заметить, этот опыт необычен с точки зрения привычной постановки измерений в квантовом ансамбле. Действительно, в этом случае мы имеем дело с повторением измерений на одном и том же экземпляре атома, а не на их совокупности, как это обычно делается.

После каждого измерения состояние атома, вообще говоря, меняется, и он становится экземпляром другого квантового ансамбля. Таким образом, необходимая для получения изображения атома серия рассеяний состоит из серии рассеяний, относящихся к объемам, взятым из разных квантовых ансамблей.

Кажется, это единственный случай подобной ситуации.

Произведенные вычисления показали, что есть возможность получить многие тысячи рассеяний на тяжелом атоме типа Cu, Hg и т. д. без того, чтобы атом был полностью выбит из своей позиции. Как я тогда выразился, «фотографируемый клиент может быть выбит из кресла». В то время не удалось получить подобного портрета. Фотография отдельного атома была получена только недавно американскими исследователями.

**6.5. Теория квантового ансамбля.** Работы, относящиеся к этому кругу, вытекали частью из дискуссий, посвященных основам квантовой механики, частью из педагогического опыта.

Признанным идеологом квантовой механики был Н. Бор. Однако его концепция всегда вызывала у меня чувство неудовлетворенности.

Я никогда не разделял чаяния некоторых физиков, что квантовая механика нуждается в «скрытых параметрах», открытие которых свело бы ее к особому роду статистической механики, построенной по типу классической статистической механики.

Однако большинство недовольных Н. Бором, как тогда говорили, — «воззрениями копенгагенской школы», противопоставляли Н. Бору именно концепцию «скрытых параметров».

Моя неудовлетворенность копенгагенской концепцией имела совсем другие основания. Два пункта в этой концепции казались мне неудовлетворительными:

1) недостаточно ясное определение того статистического ансамбля, к которому относятся объекты измерения и измерительные приборы. В результате волновую функцию  $\psi$  охотно приписывали одному экземпляру микросистемы  $\mu$ , взятому самому по себе, игнорируя при этом то обстоятельство, что волновая функция, являясь измеряемой величиной, не может быть, однако, получена из измерений на одном экземпляре микросистемы;

2) наблюдателю, по концепции Н. Бора, занятому измерениями в квантовой области, приписывалась особая роль по сравнению с его ролью в классической физике. Отсюда чисто информационный взгляд на волновую функцию как на записную книжку наблюдателя. Этот взгляд приводил к естественным трудностям с применением квантовой механики к тем явлениям, которые происходили (или происходят) явно и без всякого участия каких-либо наблюдателей.

К тому же современный физик-экспериментатор вряд ли находит в своем поведении что-либо, в принципе отличающее его от экспериментатора, работающего с макроскопическими объектами.

Вмешательство некоторых философов в развязавшиеся в связи с этим дискуссии способствовало запутыванию ясно поставленных физических вопросов и ненужному обострению дискуссий.

Если же говорить о дискуссиях, то только споры с В. А. Фоком и с венгерским физиком Л. Яноши оказались для меня полезными в том отношении, что способствовали выработке моей собственной точки зрения, развивавшейся вначале под влиянием упомянутой выше книги фон Неймана.

Оставляя в стороне все детали пройденного мною пути, я бы так сформулировал стоявшую передо мною задачу: 1) определить квантовый ансамбль; 2) освободить понятие волновой функции от элементов субъективизма; 3) освободить квантово-механическое измерение от мистического толкования «вмешательства наблюдателя» в состояние измеряемой системы.

В решении этих вопросов я шел шаг за шагом. И особенно много времени утекло, прежде чем удалось внести ясность в пп. 2 и 3.

В сущности, это было сделано лишь в шестидесятых годах и изложено в моей книге «Принципиальные вопросы квантовой механики» (1966 г.) [90] (см. также [68, 76]). Каковы же основные идеи этой монографии? Во-первых, в самом ее начале подчеркивается абстрактный характер классического детерминизма. На основе анализа простых, но весьма общих по своей значимости примеров показан иллюзорный характер детерминизма.

Далее отмечено, что квантовая механика является в самом принципе статистической теорией, не нуждающейся в каких-либо ссылках на детерминизм.

Таковы были исходные позиции моей концепции «*квантовых ансамблей*».

В моем курсе «Основы квантовой механики» [91] излагаемый здесь аспект хотя и намечен, но все же еще не достиг полной четкости<sup>1</sup>.

Концепция квантового ансамбля чрезвычайно близка к концепции классического ансамбля Гиббса. Поэтому мы вправе назвать ансамбль, с которым мы имеем дело в квантовой механике, *квантовым ансамблем Гиббса*.

Этот ансамбль определяется макроскопической обстановкой  $M$ , которая диктует микрочастице  $\mu$  образ ее жизни — ее состояние. Ансамбль состоит из бесконечного  $N \rightarrow \infty$  и независимого друг от друга повторения ситуаций  $M + \mu$ .

Квантово-механические измерения, производимые над частицей  $\mu$ , осуществляются в таком ансамбле. Вероятность того или иного результата измерения величины  $L = L'$  определяется диагональным элементом матрицы плотности, взятой в « $L$ »-представлении:

$$(L|\hat{\rho}_M|L')_{L=L'} = \rho_M(L). \quad (6.27)$$

Здесь значок  $M$  указывает ту макроскопическую обстановку, которая определяет ансамбль.

Вероятность измерения другой механической величины  $N$  находится путем канонического преобразования оператора  $\hat{\rho}$  от « $L$ »-представления к « $N$ »-представлению.

Сам оператор плотности  $\hat{\rho}_M$  определяется как билинейная форма из волновых функций:

$$(L|\hat{\rho}_M|L') = \sum_s P_{Ms} \psi^*(L) \psi(L'), \quad (6.28)$$

$$\sum_s P_{Ms} = 1, \quad (6.29)$$

где индекс  $s$  принадлежит различным частным состояниям. Таким образом, квантово-механический ансамбль определен как совокупность вполне определенных повторяющихся объективных явлений.

Волновая функция  $\psi_M$  или, в более общем случае, матрица плотности  $\hat{\rho}_M$  есть объективная характеристика ансамбля и принадлежит одному экземпляру микросистем только в той мере, в какой он сам принадлежит данному ансамблю. Иными словами,  $\psi_M$  или  $\hat{\rho}_M$  не являются характеристиками мик-

<sup>1</sup> Это исправляется в новом издании «Основ квантовой механики» [92].

росистемы  $\mu$ , взятой самой по себе, а характеристикой принадлежности ее к данному квантовому ансамблю.

**Измерение.** При измерении макроскопическая обстановка  $M$  пополняется еще одним устройством — измерительным прибором  $\Pi$ .

Заметим, что, употребляя термин «прибор», я имею в виду и то, что это устройство может быть неизбежно делом рук экспериментатора.

При учете прибора  $\Pi$  возникает новая макроскопическая обстановка:

$$\mathfrak{M} = M + \mu + \Pi. \quad (6.30)$$

Однако предполагается, что измерительная часть  $\Pi$  не оказывает влияния на  $M$ , так что присоединение  $\Pi$  не меняет характер квантового ансамбля (например,  $\Pi$  удалено от  $M$ ).

Сам измерительный прибор (измерительное устройство) состоит из двух частей — анализатора  $A$  и детектора  $D$ :

$$\Pi = A + D. \quad (6.31)$$

Анализатор  $A$  разлагает квантовый ансамбль на частные состояния  $\psi_I$ , в каждом из которых измеряемая величина имеет уже только одно определенное значение  $I$ . Наконец, детектор фиксирует, в каком именно частном состоянии оказалась частица  $\mu$  в данном измерении.

При этом интерференция частных состояний  $\psi_I$  разрушается (если она раньше имела место). Важный шаг, который был сделан мною в понимании сути кванто-механического измерения, заключался в преодолении барьера, поставленного авторитетом Н. Бора. Именно Н. Бор утверждал, что не имеет смысла объединять измерительный прибор  $\Pi$ , который есть макроскопическое (классическое) устройство, с кванто-механической системой  $\mu$ , так как тогда потребуется новый классический прибор  $\Pi'$ , который будет необходим для изучения объединенной системы  $\mu + \Pi$ .

Однако ошибочность этого утверждения впервые дошла до меня в результате размышлений над утверждениями Л. Яноши, который сомневался в полноте квантовой механики и приводил парадоксы.

Вся суть дела на самом деле проста: детектор измерительного прибора  $D$  всегда является макроскопически неустойчивой системой (иначе микросистема  $\mu$  не могла бы повлиять на его показания). Неустойчивой механически, электродинамически или термодинамически.

Взаимодействие  $D + \mu$  начинается на уровне кванто-механического явления и развивается само собой в макроскопическое явление: заключительная стадия носит характер взрыва, инициированного микрочастицей. Мною был

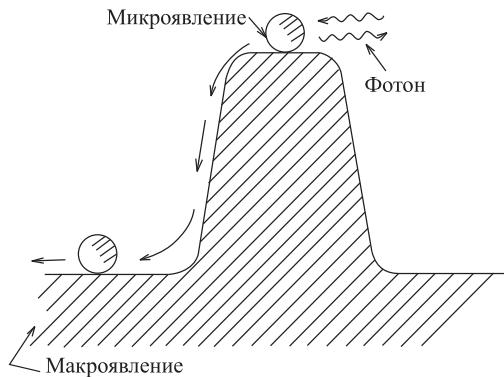


Рис. 4

сначала рассмотрен простой пример — модель механически неустойчивого детектора (рис. 4), а позднее — термодинамически неустойчивого. Эти работы были суммированы в упомянутой монографии [90]. Общая теория такова: пусть измеряемая микросистема  $\mu$  имеет координаты  $x$ , а детектор — координаты  $Q$ . Система  $D + \mu$  описывается обязательно  $\hat{\rho}$ -матрицей (так как она есть макроскопическая система!). Матрица  $\hat{\rho}$  подчиняется уравнению

$$\frac{\partial \rho(x, Q; x', Q', t)}{\partial t} = [\hat{H}, \rho(x'', Q''; x', Q', t)], \quad (6.32)$$

где гамильтониан состоит из  $\hat{H}_0(x)$  — гамильтониана частицы  $\mu$ ,  $\hat{H}_0(Q)$  — гамильтониана (может быть, очень сложного) детектора  $D$  и  $W(x, Q)$  — оператора их взаимодействия. При  $t = 0$  задается начальная матрица  $\hat{\rho}_{t=0}$ , характеризующая начальное состояние микросистемы, и ищется  $\hat{\rho}$  при  $t \rightarrow \infty$ .

Разложим матрицу  $\hat{\rho}$  по собственным состояниям микрочастицы  $\psi_n(x)$ :

$$\hat{\rho}(x, Q; x', Q', t) = \sum_{n,m} C_{nm}(Q, Q', t) \psi_n^*(x) \psi_m(x'). \quad (6.33)$$

Детектор  $D$  будет выполнять свое назначение, если при  $t \rightarrow \infty$  все  $C_{nm} \rightarrow 0$ , кроме одного  $C_{mm}$ , и  $C_{mm} \cong 0$ , если  $Q \neq Q'_m$ . Действительно, в этом случае определенное показание детектора  $Q = Q'_m$  указывает на то, что измеряемая частица  $\mu$  находится в состоянии  $\psi_m(x)$ .

Иными словами:

$$\hat{\rho}(x, Q; x', Q', t)_{t \rightarrow \infty} = C_{mm}(Q, Q') \psi_m^*(x) \psi_m(x). \quad (6.34)$$

Напомним, что фактически все измерительные приборы макроскопически нестабильны: счетчик Гейгера не статичен электрически, камеры пузырьковые или вильсоновские не стабильны термодинамически и т. д.

Таким образом, работа детектора  $D$ , в принципе, может быть рассмотрена методами квантовой механики совместно с учетом действия на детектор микрочастицы.

Отсюда ясно также, что то, что мы называем измерением, может быть не только организовано экспериментатором, но может происходить и само собой в природе, если создается ситуация, при которой какая-либо микрочастица  $\mu$  вызывает макроскопическое явление. Тем самым было показано, что пресловутое «вмешательство наблюдателя в измеряемую систему» сводится лишь к выбору им анализатора и детектора. Далее все следует объективным законам квантовой механики.

В заключение: студенты нередко спрашивали, если волновая функция  $\psi$  есть «записная книжка наблюдателя», то кто записывает стягивание суперпозиции  $\psi = \sum c_n \psi_n \rightarrow \psi_m$  в тех случаях, когда наблюдатель был явно ни при чем (просто его не было)?

Изложенная теория измерений дает на это ясный ответ, не зависящий от состояния знаний наблюдателя. Есть основания думать, что она может оказаться очень существенной для понимания биологических явлений.

## 7. Акустика

Мне пришлось сосредоточиться на теории акустики, которая, как выяснилось уже при первом знакомстве, ограничивалась линейной акустикой, описанной в знаменитой книге лорда Рэлея «Теория звука». Образование акустиков также определялось этой книгой. Это приводило к столь большому числу парадоксов, что я (после войны) прочел в МГУ курс «Парадоксы акустики». Происхождение этих парадоксов основывалось на линейном рассмотрении звука в однородных и неподвижных средах. В этих случаях обычно было достаточно рассматривать звук адиабатически и ограничиваться тривиальным смыканием волн на границе двух сред. Позволю себе привести два «парадокса». Пусть плоская звуковая волна распространяется вертикально вверх в изотермической атмосфере  $T = \text{const}$ ; рассуждаем следующим образом: так как скорость звука  $c$  определяется температурой, то в этой среде  $c = \text{const}$ . Отсюда, решая волновые уравнения, найдем, что волна звука имеет вид

$$u = A \exp \left[ i\omega \left( t - \frac{z}{c} \right) \right], \quad (7.1)$$

где  $u$  — скорость звуковых смещений,  $\omega$  — частота,  $A$  — постоянная,  $z$  — высота. Плотность энергии волны

$$\varepsilon = \rho u^2, \quad (7.2)$$

где  $\rho$  — плотность воздуха. Из (7.1) следует, что  $u^2 = \text{const}$ , но в изотермической атмосфере плотность  $\rho$  убывает по барометрической формуле:  $\rho = \rho_0 e^{-\alpha z}$ . Таким образом, плотность энергии  $\varepsilon$  в противоречии с законом сохранения энергии уменьшается с ростом  $z$ !

Другой пример. Звуковая волна падает навстречу ударной волне. Применим обычные методы смыкания волн на границе двух сред (перед ударной волной и позади нее), находим проходящую и отраженную волны.

Однако ясно, что в этом случае никакой отраженной волны возникнуть не может, так как скорость движения фронта ударной волны больше скорости звука. На самом деле мною было показано, что в этом случае имеются две проходящие волны: одна — обычная звуковая, другая — волна энтропии и, конечно, нет волны отраженной.

Подобных парадоксов можно было бы привести много. Все они имели одно и то же происхождение.

В моих работах того времени [15–24], изложенных позднее в монографии «Акустика неоднородной движущейся среды» [89], были написаны основные уравнения акустики для самого общего случая. Эти уравнения основаны на разложении до первого порядка общих уравнений газогидродинамики, они гласят:

$$\frac{\partial \xi}{\partial t} + [\text{rot } \mathbf{v} \times \xi] + [\text{rot } \xi \times \mathbf{v}] + \nabla(\mathbf{v}\xi) = -\frac{\nabla\pi}{\rho} + \frac{\nabla p\delta}{\rho^2}, \quad (7.3)$$

$$\frac{\partial \delta}{\partial t} + (\mathbf{v}\nabla\delta) + (\xi\nabla\rho) + \rho \operatorname{div} \xi + \delta \operatorname{div} \mathbf{v} = 0, \quad (7.3')$$

$$\frac{\partial \sigma}{\partial t} + (\mathbf{v}\nabla\sigma) + (\xi\nabla S) = 0, \quad (7.3'')$$

где  $\mathbf{v}$  суть скорость основного потока и  $p$  — давление в нем,  $\rho$  — плотность среды,  $S$  — ее энтропия. Величины  $\xi$ ,  $\pi$ ,  $\delta$ ,  $\sigma$  суть линейные малые добавки к соответствующим величинам исходного потока; они-то и описывают возмущение потока звуковой волны. В этом случае  $\xi$ ,  $\pi$ ,  $\delta$ ,  $\sigma$  — периодические или почти периодические функции времени.

Написанная система уравнений оказалась вполне удовлетворительной основой для решения любых проблем акустики для волн, распространяющихся в движущейся и неоднородной среде.

На основе этих общих уравнений были сформулированы уравнения геометрической акустики, пригодные в тех случаях, когда градиенты величин  $v$ ,  $p$ ,  $\rho$  и  $S$  так малы, что можно пренебречь изменением этих величин на протяжении длины волны звука  $\lambda = 1/k_0$ .

В этом случае фаза звуковой волны может быть представлена в следующем виде:

$$\Phi = \omega_0 t - k_0 \theta. \quad (7.4)$$

В результате разложения уравнений (7.3)–(7.3'') в ряд по обратным степеням  $k_0 = \omega_0/c_0$  ( $c_0$  — скорость звука вне потока) были получены уравнения геометрической акустики:

$$(\nabla\theta)^2 = n^2[1 - c_0(\mathbf{v}\nabla\theta)]^2, \quad (7.5)$$

где  $n = c_0/c$  есть показатель преломления звуковых волн,  $c$  — местная скорость звука,  $\mathbf{v}$  — скорость потока («ветра»).

Было показано, что в первом приближении, при условиях геометрической оптики, звук распространяется изоэнтропически. Далее было доказано предположение Р. Эмдена о том, что фазовая скорость звука  $V_f$  равна

$$V_f = c + v_N, \quad (7.6)$$

где  $v_N$  — проекция скорости ветра на нормаль к волне; скорость же распространения энергии  $\mathbf{V}_s$  вычисляется по формуле

$$\mathbf{V}_s = c\mathbf{N} + \mathbf{v}, \quad (7.7)$$

где  $\mathbf{N}$  — нормаль к поверхности  $\theta = \text{const}$ .

В соответствии с (7.5) было найдено выражение для потока энергии звука:

$$\mathbf{\Pi} = \varepsilon\mathbf{V}_s, \quad (7.8)$$

где  $\varepsilon = \pi^2/\rho c^2$  есть плотность звуковой энергии, вычисленная в приближении геометрической акустики.

На основе этих уравнений в моей монографии были объяснены и рассчитаны самые разнообразные акустические явления в неоднородных и движущихся средах, в том числе и в турбулентных средах.

Были рассмотрены движущиеся источники и приемники звука.

Найдены общая формула для эффекта Доплера и необходимые условия для существования этого эффекта; изменение амплитуды  $A$  звука должно происходить достаточно медленно по сравнению с изменением частоты:

$$\left| \frac{dA}{dt} \frac{1}{A} \right| \ll \omega', \quad \left| \frac{d\omega'}{dt} \right| T \ll \omega', \quad (7.9)$$

где  $T$  — время, характеризующее установление новой частоты  $\omega'$ . Далее было получено возбуждение звука потоком и движущимися телами, в частности винтом самолета и корабля. Были рассмотрены и многие другие новые задачи акустики.

Эта моя монография была дважды издана на английском языке в США, однако не для коммерческой продажи, один раз — в знаменитом Лос-Аламосе и другой раз — в Морской лаборатории США.

Все же она оставалась долгое время недостаточно известной. На конференции в 1972 г., в лекции о распространении звука в движущейся среде сэр Дж. Лайтхилл сказал о моей монографии: «Обобщение на движущиеся жидкости, однако, нетривиально, впервые оно было успешно сделано Блохинцевым.

Его заключения, которые никогда не были очень хорошо известны, совсем удивительны, в особенности в отношении связи фактора Доплера со средним потоком энергии».

## 8. Атомная энергия

В 1947 г. А. И. Лейпунский привлек меня к работам в организацию, которая теперь называется Государственным комитетом по использованию атомной энергии СССР. В то время задача овладения атомной энергией была не только увлекательной, но и жизненно важной для нашей страны.

Разумеется, при решении такой большой проблемы моя личная энергия, мои знания и мой разум более сосредоточились на научно-техническом руководстве большим коллективом ученых и инженеров, нежели на личной работе при свете «зеленой лампы». Однако весь опыт работы больших научных коллективов показывает, что роль руководителя института не менее важна, чем роль дирижера в оркестре.

В частности, очень важно выбрать правильное направление работ. Суть дела заключается в том, что обычно поставленная задача, в принципе, может быть решена несколькими путями. Талант научного руководителя должен проявиться именно в умении выбрать из предлагаемых на обсуждение и решение вариантов — наилучший (это слово содержит очень много аспектов!).

Я имел непосредственное отношение к некоторым проблемам, разрабатывавшимся в ФЭИ (Обнинск):

1. Сооружение первой в мире атомной электростанции (АЭС) на 5000 кВт. Выбор типа реактора для станции, руководство проектом и сооружение АЭС [45].
2. Реакторы на быстрых нейтронах — некоторые первые расчеты такого типа реакторов, участие в создании реакторов БР-2 и БР-5 [50].

3. Создание импульсного реактора ИБР-1 и позднее, уже в Дубне, реактора ИБР-2 [51, 52].

**8.1. Проектирование и создание первой в мире атомной электростанции.** В 1951 г. я был назначен научным руководителем этой проблемы. Главным конструктором был назначен Н. А. Доллежаль, главным технологом — В. А. Малых, моим заместителем — А. К. Красин.

В предшествующем этому году периоде в Обнинске, в Физико-энергетическом институте, и в Институте атомной энергии им. И. В. Курчатова разрабатывались различные проекты АЭС, в стадии эскизной проработки.

Первый вопрос, который предстояло решить, — это выбор варианта первой опытной станции. Естественно, что было стремление создать АЭС, которая по своим параметрам превосходила бы стандартные тепловые ТЭЦ.

Мой вклад в решение поставленной проблемы состоял, в частности, в том, что я поддержал тот проект, который отличался наибольшей надежностью, но не высшими параметрами (по давлению и температуре рабочего пара, по КПД и экономичности). Этот проект в значительной степени базировался на опыте, накопленном к тому времени в Институте атомной энергии по разработке графитоводных реакторов, и, на мой взгляд, был единственным реалистичным в то время. В тот период, несмотря на такой простейший выбор, предстояла большая и разносторонняя работа по расчету реактора, его технологии и конструкции, теоретическая и экспериментальная. Эти работы были в основном сосредоточены в ФЭИ и в конструкторском коллективе Н. А. Доллежаля.

В этом очерке я не буду подробно останавливаться на описании всего комплекса работ, так как работы по созданию АЭС подробно описаны в специальных публикациях [45, 46]. В ходе создания АЭС были и драматические моменты. Многие подробности, относящиеся к истории создания АЭС, освещены мною в публикации в «Вопросах истории» в связи с 20-летием первой АЭС [49].

Идея о первостепенной важности надежности была для меня определяющей, и ее сила подтвердилась двадцатилетним опытом работы первенца атомной энергетики. Общая структура проблем, коротко, была такова:

1. Расчеты реактора: критическая масса, срок кампании, регулирование, аварийная защита, аварийные режимы, динамика реактора — эти теоретические работы выполнялись при моем участии М. Е. Минашиным, Ю. А. Сергеевым, Д. Ф. Зарецким, Н. Э. Немировским и др.
2. Конструкция реактора и технология создания этой конструкции разрабатывались Н. А. Доллежалем, П. И. Алещенковым и др. сотрудниками этого конструкторского коллектива.
3. Эксперименты с моделью реактора, эксперименты по теплообмену и др. выполнялись А. К. Красиным, Б. Г. Дубовским, В. Зенкевичем и др.
4. Технология производства тепловыделяющих элементов (ТВЭЛ) была разработана в ФЭИ В. А. Малыхом и его коллегами. Значительная часть работ, теоретических и экспериментальных, заканчивалась написанием отчетов, и только часть из них была опубликована. Важнейшие, основные публикации — работы [47, 48]. Позднее А. К. Красин,

Н. А. Доллежаль опубликовали статьи, суммирующие опыт работы АЭС за двадцать лет.

Итог был таков: канальный тип реактора с водяным охлаждением и графитовым замедлителем оказался более экономичным, нежели это считалось вначале, и, безусловно, надежным и безопасным в эксплуатации. Эти особенности реактора первой АЭС привели к тому, что для Ленинградской АЭС мощностью в 1 млн кВт был выбран усовершенствованный реактор, построенный по типу реактора первой АЭС.

**8.2. Реакторы на быстрых нейтронах.** Основная идея реакторов на быстрых нейтронах, насколько я могу судить, принадлежала А. И. Лейпунскому. Он обратил внимание на то, что в таких реакторах возможно воспроизведение атомного горючего — превращение  $^{238}\text{U}$  в  $^{239}\text{Pu}$ .

Первые расчеты реактора были произведены мною. Существенно новой была необходимость учитывать неупругие соударения нейтронов. Разработке исчерпывающих методов расчета подобного типа реактора мы обязаны моему сотруднику Л. Н. Усачеву.

Для изучения работы быстрого реактора, особенно для выяснения коэффициента воспроизведения, был построен реактор БР-2, небольшой мощности, на ртутном охлаждении. О. Д. Казачковский, И. И. Бондаренко и другие физики успешно осуществили намеченную программу исследований [50].

В отделе А. И. Лейпунского уже разрабатывались проекты мощных промышленных реакторов, однако я считал, что подобные проекты не будут убедительными, если не построить прототип небольшой мощности, но охлаждаемый жидким натрием, как это и намечалось в промышленных «БР».

Для получения этого опыта реактор БР-2, конечно, не годился, и я предложил, по окончании программы физических измерений на нем, его демонтировать и в том же здании построить опытный реактор на быстрых нейтронах, но уже высокотемпературный, охлаждаемый жидким натрием. Первоначально его мощность намечалась равной 1500 кВт.

Позднее, уже без моего участия, этот проект был осуществлен в варианте на 5000 кВт (БР-5) и послужил реальной основой для сооружения промышленных быстрых реакторов (БР).

**8.3. Импульсный реактор ИБР-1.** В середине 1950-х гг. в Обнинске обсуждалось строительство реактора постоянного потока нейтронов для экспериментов в пучке нейтронов, в основном, для нейtronной спектроскопии. Этот реактор должен был быть снабжен селектором для работы по «методу пролета».

Мне как человеку новому в этом деле вся идея показалась весьма несуразной: строить реактор большой мощности и затем использовать лишь ничтожную часть этой мощности в виде коротких импульсов, посыпаемых селектором — прерывателем пучка.

Тогда я предложил идею построить реактор, который бы с самого начала давал необходимые короткие импульсы и не нуждался, таким образом, в селекторе. При этом средняя мощность такого импульсного реактора могла бы быть очень маленькой (на самом деле, она составила только несколько киловатт); мощность же в импульсах не уступала мощности самых мощных

реакторов постоянного, не импульсного действия. Механизм осуществления импульсов, предложенный мною, был крайне прост — модулирование реактивности предлагалось осуществлять вращением диска, содержащего делящееся вещество (уран-235) (рис. 5).

Теория этого реактора была разработана И. М. Бондаренко и Ю. Я. Стависским. Весь проект реактора был разработан в ФЭИ при участии ЦИАМ (Г. Е. Блохин) и сооружен уже в Лаборатории нейтронной физики Объединенного института ядерных исследований в Дубне, куда я перешел работать в качестве первого директора этого нового Института. Реактор я принес в Институт с собою в виде «приданого».

Здесь следует вспомнить, что первоначально обсуждалось предложение строить в ОИЯИ реактор постоянного потока, большой мощности для технологических целей.

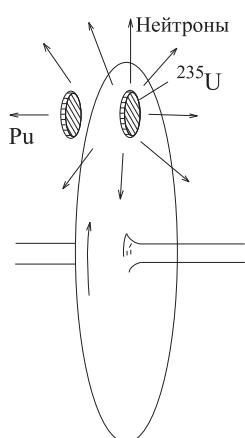


Рис. 5

Это предложение казалось мне несостоятельным, так как физики Дубны имели совсем другой профиль работы — их интересы сосредоточивались в области физики элементарных частиц. Для плодотворной работы по прикладной ядерной физике и ядерной технологии требовались «моды» другого профиля. Более того, потребовались бы совсем новые лаборатории («горячая», химическая, технологическая и т. п.). В сущности, надо было бы заново создавать нечто подобное ФЭИ. Это совсем не укладывалось в реальные возможности нового

Института, который в основном предназначался для исследований в области фундаментальной науки.

В этой связи я предложил создать в ОИЯИ Лабораторию нейтронной физики с импульсным реактором малой или средней мощности. Это предложение было поддержано руководством ГКАЭ (1956 г.).

Реактор ИБР-1 был дополнен инжектором (по предложению И. М. Франка и Ф. Л. Шапиро), тем самым существенно расширились его возможности применительно к ядерной, нейтронной спектроскопии [51].

Многолетняя работа ИБР-1 показала, что импульсный источник является отличным средством для разносторонних исследований строения ядра, физики деления, физики реакторов, изучения твердых и жидких тел, а также самого нейтрона как элементарной частицы.

В настоящее время разработан проект и сооружается с моим участием в качестве научного руководителя значительно более мощный импульсный реактор ИБР-2 (средняя мощность — около 4000 кВт) [52].

## 9. Теория частиц

Мой переход в Дубну на должность директора нового Института позволил мне возвратиться к работе в той области науки, которая начиная с университетских лет стала предметом моего постоянного увлечения, — к теоретической физике — фундаментальной науке о строении материи.

Работа по прикладной атомной физике в Обнинске была крайне интересной, но уже к середине пятидесятых годов стало ясно, что основные теоретические проблемы, относящиеся к управлению ядерными цепными реакциями, решены. Были найдены и основные технические принципы построения энергетических ядерных реакторов.

Естественно, что мой интерес к работе в Обнинске упал из-за принципа: нельзя объять необъятное. Вместе с переходом в Дубну, несмотря на большую организационную работу, обусловленную необходимостью создавать новые формы и новый стиль работы, достойный международного института, появилось все же больше возможностей посвятить себя работе над проблемами физики элементарных частиц. Я поставил в качестве условия моего перехода из Обнинска организацию в новом Институте Лаборатории теоретической физики, для работы в которой я пригласил Н. Н. Боголюбова, М. А. Маркова и ряд молодых теоретиков.

Возникновение новой области физики — физики элементарных частиц было связано с созданием мощных ускорителей и новых лабораторий у нас и в США. Первые экспериментальные результаты, достигнутые в этих лабораториях, еще в бытность мою в Обнинске привлекли мой интерес, и мне удалось закончить и опубликовать несколько работ, посвященных теории элементарных частиц, которые и описываются ниже.

**9.1. О нуклонах.** В работе [36], посвященной прохождению нуклонов через вещество, были вычислены на основе скучных тогда экспериментальных данных спектр нейтронов  $N(E, x)$  и спектр протонов  $P(E, x)$  по мере их прохождения в веществе длины  $x$ . Эти спектры вычислялись на основе следующих уравнений:

$$\frac{\partial N(E, x)}{\partial x} = \alpha(E) \frac{\partial N(E, x)}{\partial E} - \frac{N(E, x)}{L(E)}, \quad (9.1)$$

$$\frac{\partial P(E, x)}{\partial x} = \beta(E) \frac{\partial P(E, x)}{\partial E} - \frac{P(E, x)}{L(E)}, \quad (9.1')$$

где  $\alpha(E)$  и  $\beta(E)$  — средние потери энергии на единицу длины пути, а  $L(E)$  — длина обмена зарядом протона и нейтрона.

Эти спектры оказались в хорошем согласии с опытными данными при энергии  $E$  в интервале 40–90 МэВ. Величины  $\alpha(E)$ ,  $\beta(E)$  были вычислены с учетом ионизационных потерь для  $\beta(E)$  из потенциала взаимодействия нуклона типа Юкавы:

$$V = g^2 \frac{e^{-xr}}{r}. \quad (9.2)$$

В другой работе, посвященной теории нуклонов [41], впервые было высказано предположение о существовании внутри нуклона некоторой малой протяженной области  $a \ll \hbar/(m_p c)$  — «керна» нуклона, окруженного пионной оболочкой с радиусом  $b \gg a$ . Наконец, в третьей работе по рассеянию нуклонов [42] было вычислено сечение упругого рассеяния протонов и показано,

что наилучшее согласие с опытом достигается в предположении, что закон взаимодействия нуклонов имеет вид

$$V = V_0 \frac{e^{-\alpha r}}{r^3}, \quad r > \frac{\hbar}{m_p c}, \quad (9.3)$$

$$V = \frac{V_0}{a^3}, \quad r < a = \frac{\hbar}{m_p c}. \quad (9.3')$$

Это и были мои три работы, в которых рассматривались актуальные в то время вопросы взаимодействия нуклонов при энергии порядка нескольких сотен МэВ.

В период, к которому относятся описываемые здесь работы по оптике нуклонов, было более важно получить из экспериментальных данных по  $p\pi$ -рассеянию сведения о показателе преломления нуклонной среды с тем, чтобы выяснить, насколько представления о мезонной атмосфере нуклона согласуются с опытными фактами.

В результате такой постановки вопроса удалось получить информацию о размерах нуклона  $\sqrt{\langle r^2 \rangle} = 0,8 \cdot 10^{-13}$  см, установить важное деление структуры нуклона на центральную область — «керн» нуклона и на периферическую область — пионную оболочку нуклона.

Опыты Р.Хофстадтера по рассеянию быстрых электронов на протонах произвели на всех нас огромное впечатление своей новизной и точностью результатов, поэтому было естественно проверить пригодность пионной модели нуклона для описания электромагнитных взаимодействий. Это было сделано в работах [57–59] совместно с Б.М.Барбашовым и В.С.Барашенковым, где показано, что представление о керне нуклона и о его пионной атмосфере позволяет согласовать мезонную структуру нуклона с электромагнитной структурой, сведения о которой впервые были получены Р.Хофстадтером.

**9.2. О флюктуациях ядерной материи.** Данные, собранные при изучении космических лучей, и особенно новые по тому времени данные, полученные на ускорителях, указывали на поразительный факт выбивания из ядер сложных осколков высокой энергии без их разрушения.

Явление это казалось весьма удивительным и выглядело так, как если бы кто-то стрелял из пистолета в оконное стекло и вместо отверстия вышиб целое стекло или его большой кусок.

Еще в период работы в Обнинске (т.е. до 1956 г.) я предложил аспиранту МГУ В.Г.Неудачину произвести расчеты атомных ядер, базируясь на представлении о том, что они могут быть образованы временно возникающими внутри них «субъядрами». Математически это выражалось в аппроксимации волновой функции всего ядра  $\psi_A(x_1, x_2, \dots, x_A)$  через волновые функции более простых ядер D, He ... и т.п., например:

$$\psi_A(x_1, x_2, \dots, x_A) = P \sum_n \psi_{\text{He}}(x_1 \dots x_4) \psi_{\text{Li}}(x_5 \dots x_{11}) \dots \psi_{\text{C}}(x_{12} \dots x_A). \quad (9.4)$$

Такие образования внутри ядра называют сейчас «клusterами» (видимо, ввиду трудностей выбора названий новым объектам на русском языке).

Соображения о существовании таких «субъядер» привели меня к естественному объяснению странного явления выбивания из ядер сложных осколов [54].

Суть этого объяснения такова: в ядре непрерывно образуются и разрушаются легкие «субъядра». Некоторые из них в момент столкновения нуклона с ядром могут в силу квантовых флюктуаций оказаться в несколько сжатом состоянии. Если размер области, в которой помещается такое сжатое субъядро, есть  $b$ , то при  $b < \hbar/q$  ( $q$  — передаваемый импульс) этот импульс может быть передан сразу целой группе нуклонов «субъядра» (рис. 6). Вероятность возникновения такого сжатого «субъядра» равна вероятности возникновения субъядра с атомным весом  $A' < A$ , умноженной на отношение объемов сжатого  $b^3$  и несжатого  $a^3$  субъядер:

$$P = P_A \left( \frac{b}{a} \right)^3, \quad (9.5)$$

где  $b \ll \hbar/q$ . Такой подход привел к удовлетворительному количественному описанию рассматриваемого явления. Ясно, что это же описание распространяется и на тот частный случай, когда субъядро совпадает с самим ядром (передача импульса от нуклона к ядру). В последнее время интерес к этим явлениям возрос в связи с развитием релятивистской ядерной физики, и рассматриваемые эффекты получили новое название — «кумулятивные» эффекты. Представление о возможности взаимодействия энергичных частиц со сложными частицами в момент их флюктуационного сжатия может быть весьма полезным и в кварковой модели адронов.

**9.3. О множественном рождении частиц.** В работе [43] было показано, что на первых стадиях расширения столкнувшихся нуклонов в силу значительных квантовых флюктуаций не может быть применено гидродинамическое описание. Это важное критическое исследование было оставлено адептами гидродинамики без достаточного внимания, в результате чего в течение двух десятков лет выпускались недостаточно обоснованные публикации.

Кажется, только теперь начинают осознавать силу этой критики.

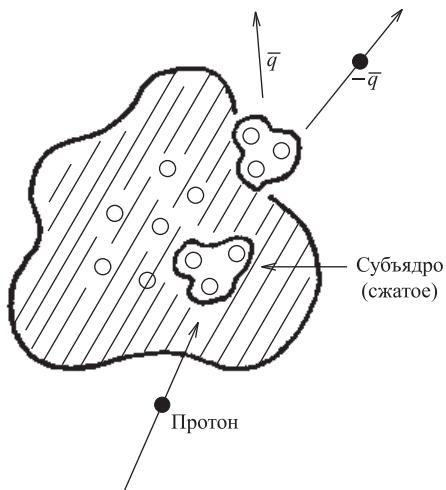


Рис. 6

## 10. Работы по теории поля

Послевоенный период ознаменовался в теоретической физике двумя событиями фундаментального значения:

1. Открытием метода перенормировки.
2. Развитием метода матрицы рассеяния  $S$ .

Оба этих события в значительной мере определили направления моих работ по квантовой и классической теории поля.

Я, конечно, был весьма огорчен, что моя работа по теории лэмбовского сдвига не получила широкой известности.

Однако метод перенормировки был новым шагом вперед, который в моей теории лэмбовского сдвига еще не был сделан (я его заменил приемом «cut off»).

Появление нового метода я встретил с большой настороженностью. Мое мнение было таково: это не решение проблемы расходимостей в теории полей — это лишь обходной путь. Мое мнение не изменилось и сейчас несмотря на то, что мощность метода перенормировки оказалась гораздо большей, нежели я ожидал.

Более позднее развитие этого метода привело к немалым успехам, тем не менее меня все время преследовала мысль о том, что в разумной теории не должно быть математически бессмысленных выражений и, в частности, перенормировка должна быть конечной<sup>1</sup>.

Это убеждение заставило меня скептически относиться ко многим новым теориям, которые на время становились предметом увлечения теоретиков.

Что касается метода матрицы рассеяния, то он привлек мой интерес главным образом благодаря возможности отказаться от слишком детального описания пространственно-временного течения событий, иначе говоря, от обычного принципа причинности. Новые рамки метода  $S$ -матрицы представляли более широкие возможности для рассмотрения взаимодействий, выходящих за рамки классического метода Гамильтона. Именно поэтому я с большой надеждой встретил работу В. Гейзенберга<sup>2</sup>, посвященную  $S$ -матрице рассеяния.

Чтобы убедиться в мощности  $S$ -матричного подхода, я показал, что полюса  $S$ -матрицы для рассеяния в кулоновском поле дают правильное выражение для терма Бальмера [44].

**10.1. Нелокальное обобщение закона взаимодействия частиц.** Мои первые работы, посвященные теории поля, в значительной мере были инспирированы упомянутой работой Гейзенберга и вдохновили меня на борьбу с бесконечностями.

В работе [25], называвшейся «Релятивистски-инвариантное обобщение законов взаимодействия элементарных частиц», была сделана попытка отказаться от «блиzkодействия».

Вместо оператора Гамильтона  $\hat{H}$  я рассматриваю в качестве более фундаментальной величины оператор фазы  $\hat{\eta}$ . Матрица рассеяния связана с этим оператором формулой

$$\hat{S} = \exp(i\hat{\eta}), \quad \hat{\eta} = \hat{\eta}^+, \tag{10.1}$$

и вместо предложенного Гейзенбергом локального оператора фазы:

$$\hat{\eta} = \varepsilon \int \hat{\varphi}^+(P) \hat{\varphi}^+(P) \hat{\varphi}(P) \hat{\varphi}(P) d\Omega_P \tag{10.2}$$

<sup>1</sup> Неудовлетворенность методом перенормировки явно выражена в новой книге П. А. Дирака, в этом же духе не раз высказывался Р. Фейнман.

<sup>2</sup> Это работа 1942 г. Однако познакомиться с ней удалось лишь после окончания войны.

( $P$  — мировая точка,  $\hat{\varphi}(P)$  — оператор поля), я ввел нелокальный оператор фазы  $\hat{\eta}$ :

$$\hat{\eta} = \varepsilon \int \hat{\varphi}^+(P) \hat{\varphi}^+(P') K(s^2) \hat{\varphi}(P') \hat{\varphi}(P) d\Omega_{P'} d\Omega_P, \quad (10.3)$$

где  $s^2 = (P - P')^2$ , а  $K$  есть функция взаимодействия (в локальной теории  $K = \delta^4(P - P')$ ). В работах [26] опять возвращаюсь к обобщению понятия поля, предполагая, что источник  $Q(P')$  и поле  $A(P)$  в точке наблюдения  $P$  связаны линейным соотношением

$$A(P) = \int K(P - P') Q(P') d\Omega_{P'}, \quad (10.4)$$

причем функция влияния  $K(P - P')$  не является функцией Грина какого-либо дифференциального уравнения; предполагается, что она не исчезает и вне светового конуса: передача взаимодействия со скоростью  $v > c$ !

Это допущение вызвало дискуссию среди физиков. В связи с этой дискуссией я опубликовал новую заметку в ЖЭТФ (1952. Т. 22. С. 254), в которой разъяснял, что предположение о возможности  $v > c$  не является абсурдным. В этой заметке было показано, что отклонение от обычной причинности будет мало, если  $K(s^2) \rightarrow 0$  при  $s^2/a^2 \rightarrow 0$ , где  $a$  — некоторая «элементарная» длина. На рис. 7 заштрихована область  $t, x$ , где нарушается обычная причинность. Скорость распространения такого акаузального сигнала  $v > c$  ограничена условием

$$\frac{v^2}{c^2} - 1 < \frac{a^2}{c^2 t^2} \quad (10.5)$$

и, следовательно, равна  $\pm c$ , если  $c^2 t^2 \gg a^2$ , причем это условие имеет силу в любой системе отсчета<sup>1</sup>.

В развитие этих идей была разработана классическая (неквантовая) теория протяженных частиц [33]. В этой теории выражение для плотности тока в мировой точке  $P$  постулировалось в форме

$$J_\mu(P) = \sum_s e_s \int d\sigma_s D(P - P_s) U_{s\mu}, \quad (10.6)$$

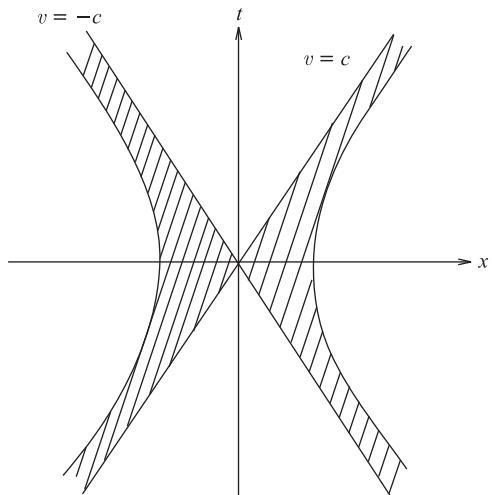


Рис. 7

<sup>1</sup> Однако последовательность событий может меняться при переходе от одной системы отсчета к другой.

где  $s$  — номер частицы,  $e_s$  — ее заряд,  $U_{s\mu}$  — компоненты ее четырехмерной скорости,  $\sigma_s$  — ее собственное время,  $P_s$  — ее координаты как функции  $\sigma_s$ ,  $P$  — точка наблюдения.

$D(P - P_s)$  есть нелокальное «размазывание» тока. В этой работе было получено интегродифференциальное уравнение движения для частиц следующего вида:

$$m_s^0 \frac{dU_{s\mu}}{dt} - I_{s\mu} - \frac{2}{3} e_s^2 \left[ \frac{d^2 U_{s\mu}}{d\sigma_s^2} + U_{s\mu} U_{s\nu} \frac{d^2 U_{s\nu}}{d\sigma_s^2} \right] = \sum_{r \neq s} K_{rs\mu}. \quad (10.7)$$

Здесь первый член имеет обычный для механики вид ( $m_s^0$  — «голая» масса  $s$ -й частицы), второй член  $I_{s\mu}$  учитывает воздействие электронов самих на себя. (Масса частицы  $t$  становится тензором.) Третий член дает точное выражение для радиационного трения, не зависящее от вида размазки тока  $D$ . Наконец, справа — силы, действующие на  $s$ -ю частицу со стороны других частиц,  $r \neq s$ . Было показано, что в этой теории закон сохранения энергии-импульса имеет лишь асимптотический характер:

$$\int_{t \rightarrow -\infty} T_{\mu 4}(x) d^3 x = \int_{t \rightarrow +\infty} T_{\mu 4}(x) d^3 x, \quad (10.8)$$

$T_{\mu 4}$  — тензор энергии-импульса. Далее оказалось, что электромагнитная масса заряда  $\delta m_s$  в точности равна энергии поля  $E_0/c^2$ :

$$\delta m_s = \frac{E_0}{c^2}. \quad (10.9)$$

Эта нелокальная теория имеет весьма привлекательные черты — она не содержит расходимостей и приводит к релятивистски правильному соотношению (10.9). Уравнения (10.7) содержат величины  $I_{s\mu}$  и  $K_{s\mu}$ , интегралы по времени от  $t = -\infty$  до  $t = +\infty$ . Поэтому не исключено, что система уравнений (10.7) может иметь «уродливые» решения (например, нарастающие со временем), которые должны быть исключены дополнительными требованиями или даже ограничениями на коэффициенты уравнения (задача приобретает характер уравнений Фредгольма). Этой же проблеме были посвящены мои работы [34, 71].

Таким образом, нелокальные уравнения динамики электромагнитного поля и заряженных частиц дают описание их движения, свободное от обычных затруднений классической электронной теории. Решения этой классической проблемы создало предпосылки для построения нелокальной квантовой теории поля, развитой много позднее Г. В. Ефимовым в ОИЯИ.

**10.2. «Элементарная матрица рассеяния». Представление взаимодействия.** Мне было ясно, что нелокальная теория поля несовместима с методом Гамильтона, основанным на строгой причинности. Поэтому ряд моих исследований в послевоенные годы был направлен на поиск математического аппарата, который бы заменил уравнение Шредингера. Эта тема разрабаты-

валась в двух работах: «О негамильтоновом методе в теории элементарных частиц» [29] и другой послевоенной работе [30], в которой было введено понятие «элементарной матрицы рассеяния  $r(k', k'')$ ». Здесь  $k'$  означает совокупность импульсов начального состояния,  $k''$  — то же для конечного состояния.

Структура  $r(k', k'')$  определялась формулой

$$r(k', k'') = 2\pi i \delta^+(W(k'') - E) \delta^3(\Sigma k'' - \Sigma k') \frac{\text{Inv}(k', k'')}{\sqrt{2W'_1 \dots 2W'_s}}, \quad (10.10)$$

где  $\text{Inv}(k', k'')$  — инвариант от  $k', k''$ . Было показано, что элементы матрицы рассеяния  $\hat{S}$  могут быть представлены через матрицу  $r$  в виде

$$S_{k'k''} = \left( \frac{r^n}{1 - r^2} \right)_{k'k''}, \quad (10.11)$$

где  $n$  — целое число, определяющее первый неисчезающий порядок  $S$  по степеням  $r$ . Из (10.11) имеем

$$\psi_s = r_{si}^n \psi_i + r_{ss}^2 \psi_s. \quad (10.12)$$

Здесь первый член связывает падающую волну  $\psi_i$  с рассеянной  $\psi_s$ , а второй член определяет реакцию излучения. Уравнение (10.12) содержало как частный случай уравнение Гейтлера (учет затухания). Далее была предпринята попытка сделать оператор сходящимся путем введения формфактора и тем самым учесть нелокальное взаимодействие. По существу, была введена диаграммная техника, которая уже не имела прямой связи с методом Гамильтона.

Дефект этой техники по сравнению с появившейся позднее техникой Фейнмана заключался в появлении функции  $\delta^+(W - E)$ , которая сама по себе релятивистски-неинвариантна, поэтому релятивистский характер теории не был доведен до явного вида.

Шаг, уже очень приблизивший нас к технике Фейнмана, был сделан в дипломной работе моего дипломника Мейера<sup>1</sup>, в которой мы перешли от представления Шредингера к представлению, которое теперь называют представлением взаимодействия, а именно уравнение Шредингера было записано в инвариантной форме:

$$i\hbar\delta\Psi = \widehat{W} d^3x dt\Psi, \quad (10.13)$$

где  $\widehat{W}$  — инвариантная энергия взаимодействия. Однако дальнейшего развития эта работа у нас не получила. Между тем она содержала все предпосылки для замены  $\delta^+(W - E)$  на  $\delta(W - E)$ , т. е. предпосылки для ковариантной теории возмущения.

В ряде последующих подразделов описываются поиски, успехи и трудности, с которыми пришлось встретиться на путях «борьбы с расходимостями».

---

<sup>1</sup> Физфак МГУ.

**10.3. Существенно-нелинейные уравнения поля.** Реферируемые теперь исследования относились к изучению уравнений типа М. Борна. Эти уравнения имеют криволинейные характеристики, так что скорость распространения сигнала зависит от самого поля и его производных. Такого типа уравнения я назвал существенно-нелинейными<sup>1</sup>. Они заинтересовали меня опять-таки по той причине, что имелась надежда избавиться от расходимостей.

Действительно, эти уравнения в неквантованном виде приводили к конечной собственной энергии точечного заряда и имели много других интересных особенностей. Такая работа была сделана в 1952 г. [39], а вторая — совместно с В. Орловым в 1953 г. [40]. В первой из них изучалось уравнение для скалярного поля  $\varphi$ , вытекающее из нелинейного лагранжиана:

$$\mathcal{L} = \mathcal{L}(K, J), \quad (10.14)$$

$$K = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial \varphi}{\partial t} \right)^2 - \frac{1}{2} \left( \frac{\partial \varphi}{\partial x} \right)^2, \quad J = \frac{1}{2} \varphi^2. \quad (10.14')$$

Было показано, что скорость распространения сигнала такого поля (слабого разрыва) равна

$$u^\pm = \frac{1}{g_{00}} \left[ g_{01} \pm \sqrt{-D} \right], \quad (10.15)$$

где  $g_{00}$ ,  $g_{01}$ ,  $g_{11}$  суть коэффициенты уравнения поля:

$$g_{00} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} + 2g_{01} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x \partial t} + g_{11} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} = 0, \quad (10.16)$$

а  $D = g_{00}g_{11} - g_{01}^2$ . Эти коэффициенты равны

$$g_{00} = 1 + \alpha p^2, \quad g_{01} = \alpha pq, \quad g_{11} = 1 - \alpha q^2, \quad (10.17)$$

где

$$\alpha = \frac{\partial^2 \mathcal{L}}{\partial K^2} / \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial K}, \quad p = \frac{\partial \varphi}{\partial t}, \quad q = \frac{\partial \varphi}{\partial x}. \quad (10.18)$$

Из (10.15) видно, что при  $D > 0$  возникают мнимые характеристики и уравнения становятся уравнениями эллиптического типа так, что время  $t$  и координата  $x$  оказываются совершенно равноправными. При этом исчезает причинная связь явлений. Мы получаем «комок» связанных событий, но не их последовательность.

В работе [77] указано, что при непрерывном изменении производных сначала возникает явление коллапса (рис. 8). Вместо двух скоростей распространения,  $u_1 > 0$ ,  $u_2 < 0$ , обе скорости имеют один знак.

Только после этой стадии возникают мнимые скорости. В той же работе было отмечено, что такое состояние «комка» событий, возможно, есть

<sup>1</sup> Впоследствии некоторые из моих сотрудников употребляли этот термин в несколько ином смысле. (В математике такие уравнения называются квазилинейными.)

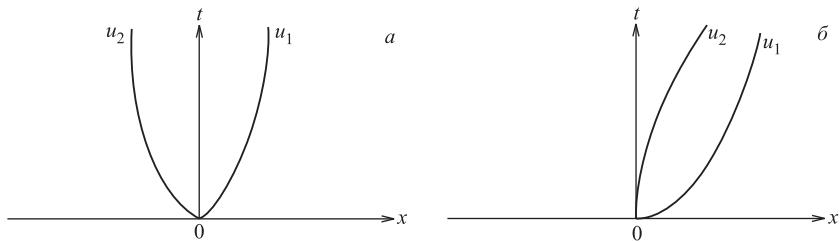


Рис. 8

последний результат коллапса. Так или иначе, рассмотренное поведение существенно-нелинейного поля во многих своих чертах напоминает поведение более сложного гравитационного (тензорного) поля. В следующей работе было рассмотрено распространение фронта электромагнитной волны в сильном центрально-симметричном поле. При этом оказалось, что при некоторых условиях лучи наматываются вокруг центра поля (рис. 9). Далее, было показано, что возможен и переход к эллиптическому типу уравнения. Эти же вопросы были обсуждены в статье [53], посвященной исследованию совместимости существенно-нелинейных полей с теорией относительности. В этой связи уравнения были разбиты на два класса: А и В. В классе А скорость распространения сигнала  $u < c$ . Это обычный тип, совместимый, очевидно, с теорией относительности. В классе В возникает парадоксальная ситуация: уравнения остаются лоренц-инвариантными, но допускают  $u > c$ . Тем самым было показано, что для совместимости с теорией относительности недостаточна лоренц-инвариантность, необходимо отдельно требовать соблюдения принципа причинности — скорость всякого сигнала  $u$  должна быть  $\leqslant c$ .

Если мы допускаем  $u > c$ , то тем самым ставится под сомнение физический смысл координат точечного события  $x, y, z, t$ . Отсюда важное заключение — нелокальная теория поля должна исключать понятие точных координат точечного события. Таким образом я подошел к проблемам геометрии в «малом» — микромире. Подробнее эта сторона дела обсуждается далее в отдельном разделе «Стохастическая геометрия». Была совершенно ясна важность «проквантовать» существенно-нелинейные поля. В этом направлении я выполнил несколько неопубликованных расчетов, носящих качественный характер, с целью выяснить возможность получения сходящихся результатов.

Была обнаружена возможность получения конечной нулевой энергии подобных полей. Эта возможность вытекала из того факта, что существенно-нелинейные поля не допускают каких угодно больших градиентов  $|\partial\varphi/\partial x|$ ,  $|\partial\varphi/\partial t|$ , по крайней мере, в некоторых вариантах существенно-нелинейного лагранжиана  $\mathcal{L}(K, J)$ . Эти ограничения вытекают из упомянутой выше возможности возникновения мнимых характеристик (см. [53, 77]). Общий метод

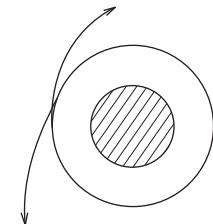


Рис. 9

квантования существенно-нелинейного поля найти не удалось до сих пор<sup>1</sup>. Однако были указаны две возможности для приближенного квантования. Одна из них описана в работе [69], она основана на приведении к диагональному виду не гамильтониана, как это делается обычно, а лагранжиана  $\mathcal{L}(K)$ .

Было показано, что возникает новое условие квантования:

$$\left[ \frac{\partial \hat{\varphi}(x)}{\partial t}, \hat{\varphi}(x') \right] = i\hbar^* \delta(x - x'), \quad (10.19)$$

где  $\hbar^*$  — «эффективная» постоянная Планка, равная

$$\hbar^* = \frac{\hbar}{M}, \quad M = \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial K}. \quad (10.20)$$

Другой метод основывался на применении результатов работы [53], в которой рассматривалось распространение слабого переменного поля  $\psi$  в сильном статическом поле  $\Phi$ .

Именно, предполагалось [69], что поле  $\hat{\Phi}$  может быть разложено на сильное классическое поле  $\Phi$  и слабое квантовое поле  $\hat{\psi}$ :

$$\hat{\Phi} = \Phi + \hat{\psi}. \quad (10.21)$$

Было показано, что в этом случае можно построить для поля  $\hat{\psi}$  интеграл Фейнмана по путям в метрике, определяемой «сильным», классическим полем.

Именно фаза этого интеграла приобретала следующий вид (ее квантовая часть):

$$\theta = \frac{1}{2} \int g_{ik} \frac{\partial \hat{\psi}}{\partial x_i} \frac{\partial \hat{\psi}}{\partial x_k} dt d^3x, \quad (10.22)$$

где метрические коэффициенты  $g_{ik}$  суть функции от поля  $\Phi$  и его производных  $\partial\Phi/\partial x_i, \partial\Phi/\partial x_k, \dots$

С физической точки зрения, конечно, было бы важно понимать, при каких условиях вообще можно ожидать возникновения полей, описывающих существенно-нелинейным лагранжианом.

На этот вопрос ответ был дан в работе [77]. В этой работе рассматривалась поляризация вакуума, вызванная волной бозонного поля, масса которого  $m \ll M$ , где  $M$  — масса взаимодействующего с ним фермионного поля  $\psi$ . Именно вакуум этого поля и поляризуется волной поля  $\varphi$ . Поляризация вакуума определяется полем  $b$ :

$$b = \frac{Mc^2}{g\hbar/Mc} = \frac{M^2 c^3}{g\hbar}, \quad (10.23)$$

где  $g$  — константа взаимодействия полей  $\varphi$  и  $\psi$ .

---

<sup>1</sup> Н. А. Черников, Б. М. Барбашов нашли строгое решение классической задачи Коши для лагранжиана  $\mathcal{L} = -\sqrt{1 - K}$ .

Это поле имеет простой смысл: его работа на длине  $\hbar/Mc$  равна  $Mc^2$ . Выберем за меру поля  $\varphi$  величину  $\sqrt{\hbar c}/l$ , где длина  $l$  — мера градиентов поля  $\varphi$ :

$$\varphi = \frac{\sqrt{\hbar c}}{l} \tilde{\varphi}, \quad \tilde{\varphi} \cong 1. \quad (10.24)$$

Поляризация будет большой, если  $\gamma = (\sqrt{\hbar c}/l^2)(1/b)$  будет близкой к 1. Однако это отношение не может превосходить 1 (возникновение мнимых характеристик!). Поэтому

$$l \geq \left( \frac{g^2}{\hbar c} \right)^{1/4} \frac{\hbar}{Mc}. \quad (10.25)$$

С другой стороны, для того чтобы поле  $\varphi$  эффективно описывалось лагранжианом  $\mathcal{L}(K)$ , содержащим только первые производные, необходимо, чтобы

$$\frac{\hbar}{Mc} \frac{1}{l} |\tilde{\varphi}| \ll \tilde{\varphi}, \quad (10.26)$$

т. е. необходимо, чтобы  $l \gg \hbar/Mc$ . Из (10.25) и (10.26) следует, что оба условия совместны, если

$$\frac{g^2}{\hbar c} \gg 1. \quad (10.27)$$

**10.4. Потенциальные барьеры в функциональном пространстве.** Круг вопросов, который освещается в этом разделе, имеет прямое отношение к понятию частицы в квантовой теории поля. В работе «Элементарные частицы и поле» [37] дана точная формулировка понятия частицы: «Возбуждение какой-либо гармоники поля с корпускулярной точки зрения эквивалентно существованию частицы в определенном состоянии».

Второй пункт, который заслуживает быть отмеченным, — это утверждение о том, что одно и то же поле может представлять различные частицы, в зависимости от того, с чем оно взаимодействует. Приведенный в этой работе пример в какой-то мере представляет ситуацию, возникшую позднее в физике  $K$ -мезонов.

Были рассмотрены два поля  $\psi_1$  и  $\psi_2$ , линейно между собой связанные. Вместо этих полей можно ввести нормальные поля:

$$\Phi_1 = \alpha\psi_1 + \beta\psi_2, \quad \Phi_2 = \gamma\psi_1 + \delta\psi_2. \quad (10.28)$$

Каков физический смысл полей  $\psi_1$ ,  $\psi_2$  и  $\Phi_1$  и  $\Phi_2$ ? Ответ гласил: все зависит от измерительного прибора. Если прибор реагирует («резонирует») на  $\psi_1$  и  $\psi_2$ , то эти поля «истинны». Если на  $\Phi_1$  и  $\Phi_2$ , то «истинны» эти поля. Иначе говоря, в одном случае поглощаются и излучаются  $\psi_1$ - и  $\psi_2$ -частицы, во втором —  $\Phi_1$ - и  $\Phi_2$ -частицы.

Если массы исходных полей  $\psi_1$  и  $\psi_2$  суть  $m_1$  и  $m_2$ , то, например, для спинорных полей формула для масс нормальных колебаний гласит:

$$M_{1,2} = \frac{1}{2}(m_1 + m_2) \pm \sqrt{(m_1 - m_2)^2 + g^2}. \quad (10.29)$$

Это расщепление масс, обусловленное линейным взаимодействием, могло бы быть причиной расщепления масс  $\mu$  и  $e$ .

Из формулы (10.29) (подобная же формула имеет место для скалярных полей с заменой в (10.29)  $m_1, m_2$  на  $m_1^2, m_2^2$ ) следует, что поле может существовать, но ему может не соответствовать никаких частиц, а именно: при большой константе связи  $g$  одна из масс полей,  $m_1$  или  $m_2$ , становится мнимой, так что уравнения де Броиля  $\varepsilon = \hbar\omega$ ,  $\mathbf{p} = \hbar\mathbf{k}$  становятся несостоятельными.

Эта мысль была развита в следующей работе: «Всегда ли существует дуализм волн и частиц?» [38]. Для изучения этого вопроса был предложен метод качественного анализа уравнений квантового поля. Суть его такова: рассмотрим гамильтониан  $\hat{H}$  двух взаимодействующих полей  $\varphi$  и  $\psi$ :

$$\begin{aligned}\hat{H} = \int \left\{ \frac{1}{2} \hat{\Pi}_\varphi^2 + \frac{1}{2} \nabla \varphi^2 + \frac{1}{2} m_\varphi^2 \varphi^2 + \right. \\ \left. + \frac{1}{2} \hat{\Pi}_\psi^2 + \frac{1}{2} \nabla \psi^2 + \frac{1}{2} m_\psi^2 \psi^2 + g \varphi \psi^2 \right\} d^3x.\end{aligned}\quad (10.30)$$

Здесь  $\hat{\Pi}_\varphi$  и  $\hat{\Pi}_\psi$  — операторы канонических импульсов полей  $\varphi$  и  $\psi$ ,  $g$  — константа взаимодействия. Рассмотрим область малых градиентов  $|\nabla \varphi|$ ,  $|\nabla \psi| \cong 0$ . В этой области пространства функций  $\varphi$  и  $\psi$   $\hat{H}$  принимает вид

$$\hat{H} = \int \left\{ \frac{1}{2} \hat{\Pi}_\varphi^2 + \frac{1}{2} m_\varphi^2 \varphi^2 + \frac{1}{2} \hat{\Pi}_\psi^2 + \frac{1}{2} m_\psi^2 \psi^2 + g \varphi \psi^2 \right\} d^3x,\quad (10.30')$$

т. е. форму гамильтониана для бесконечно большого числа частиц, но не распространяющихся в пространстве. Его можно анализировать так же, как

мы анализируем гамильтонианы в квантовой механике. Из (10.30') видно, что если  $\varphi \rightarrow -\infty$ , то  $\hat{H} \rightarrow -\infty$ , т. е. возникает неустойчивость системы. Это эквивалентно появлению мнимой массы  $M_\psi$  у частиц поля  $\psi$ :

$$M_\psi^2 = m_\psi^2 + 2g\varphi\psi^2 < 0 \text{ при } \varphi \rightarrow -\infty.\quad (10.31)$$

Подобным же образом доказывается неустойчивость гамильтониана:

$$\begin{aligned}\hat{H} = \int \left\{ \frac{1}{2} \hat{\Pi}^2 + \frac{1}{2} \nabla \varphi^2 + \frac{1}{2} m^2 \varphi^2 + \right. \\ \left. + \lambda \varphi^3 \right\} d^3x.\end{aligned}\quad (10.32)$$

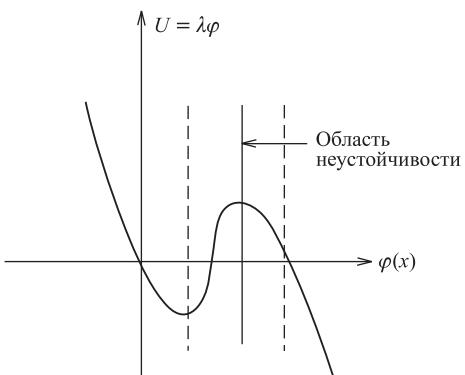


Рис. 10

В этом случае (рис. 10)

$$M^2 = m^2 + 2λφ < 0 \quad \text{при} \quad φ \rightarrow -\infty.\quad (10.33)$$

Следует заметить, что область устойчивости отделена от области неустойчивости потенциальным барьером в пространстве функций  $\varphi(x)$ .

Эта работа была доложена на Рочестерской конференции [61] и послужила толчком к ряду исследований, посвященных нелинейным уравнениям с самодействием, т. е. гамильтонианов вида

$$\hat{H} = \int \left\{ \frac{1}{2} \hat{\Pi}^2 + \frac{1}{2} \nabla \varphi^2 + \frac{1}{2} m^2 \varphi^2 + U(\varphi) \right\} d^3x, \quad (10.34)$$

где  $U(\varphi)$  — некоторая функция поля  $\varphi(x)$ . Для изучения применялся метод дискретной решетки так, что поле  $\hat{\varphi}(x)$  и канонический импульс  $\hat{\Pi}(x)$  заменились на усредненные по объему  $s$ -й ячейки по следующему правилу:

$$\Phi_s = \frac{1}{a^{3/2}} \int_a^3 \varphi(x) d^3x, \quad \hat{\Pi}_s = \frac{1}{a^{3/2}} \int_a^3 \hat{\Pi}(x) d^3x. \quad (10.35)$$

При этом

$$[\hat{\Pi}_s, \Phi_{s'}] = i\hbar \delta s s'. \quad (10.36)$$

Было показано важное обстоятельство, что метод решетки применим лишь в нерелятивистском случае, когда постоянная решетки  $a$  ограничена снизу:

$$a > \frac{\hbar}{mc}. \quad (10.37)$$

С помощью этого метода было изучено поведение полей для различного вида функций  $U(\varphi)$ .

Особенно интересный случай возникает, когда функция  $U(\varphi)$  имеет два максимума и симметрична относительно замены  $\varphi$  на  $-\varphi$  (рис. 11). В этом случае возникают биения между двумя возможными колебаниями в двух ямках  $u = \varphi - \varphi_0$  и  $v = \varphi + \varphi_0$ , стационарные состояния представляются полями

$$\psi = \frac{1}{\sqrt{2}}(u \pm v),$$

которые воспроизводят известную ситуацию для  $K$ -мезонов. Позднее мною было показано, что два вакуума  $\Omega_u$  и  $\Omega_v$  соответствуют колебаниям около точек  $\pm\varphi_0$  и ортогональны между собой. Однако возбужденные состояния

могут просачиваться через барьер из одной ямки в другую. Время просачивания для барьера типа  $U(\varphi) = -m^2\varphi + \lambda^2\varphi^4$  оказывается равным

$$\tau \cong \frac{\hbar}{mc^2} \exp \left( \frac{\lambda^2}{\hbar c} \right). \quad (10.38)$$

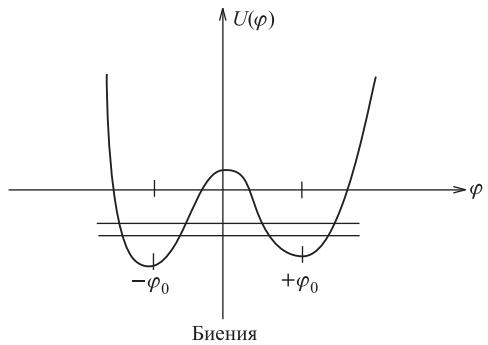


Рис. 11

**10.5. Качественный анализ уравнений для квантового поля.** Приведенный в предыдущем разделе качественный анализ гамильтонианов  $\hat{H}$  квантованного поля в функциональном пространстве не позволяет делать какие-либо выводы о поведении гамильтониана в области больших градиентов.

В реферируемой ниже работе развит метод, который позволяет изучить и эту сторону дела. Суть метода крайне проста. В основу его кладется изучение плотности гамильтониана  $\hat{H}(x)$ , которая есть функция полей  $\varphi, \psi, \dots$  и их производных  $\partial\varphi/\partial x_i, \partial\psi/\partial x_k, \dots$ . Кроме того, она зависит от масс частиц  $M_\varphi, M_\psi, \dots$  и констант взаимодействия  $g_1, g_2, \dots$ :

$$\hat{H}(x) = H(\varphi, \psi, \dots, \frac{\partial\varphi}{\partial x_i}, \frac{\partial\psi}{\partial x_k}, \dots, M_\varphi, M_\psi, \dots, g_1, g_2, \dots). \quad (10.39)$$

Введем вместо  $\hat{H}$  безразмерную плотность энергии  $\tilde{H}$ , для чего воспользуемся линейной мерой градиентов полей  $l$  ( $l$  можно рассматривать, например, как длину волны  $\lambda$  в интересующей нас области). Положим для скалярных полей  $\varphi = (\sqrt{\hbar c}/l)\tilde{\varphi}$  и для спинорных  $\psi = (\sqrt{\hbar c}/l^{3/2})\tilde{\psi}$ , где  $\tilde{\varphi}$  и  $\tilde{\psi}$  — уже безразмерные поля, порядка 1. Тогда получим

$$\tilde{H}(x) = \frac{\hbar c}{l^4} \tilde{H}(\tilde{\varphi}', \tilde{\psi}', \dots, \tilde{\varphi}, \tilde{\psi}, \dots, \tilde{M}_\varphi, \tilde{M}_\psi, \dots, \tilde{g}_1, \tilde{g}_2, \dots), \quad (10.40)$$

где  $\tilde{\varphi}', \tilde{\psi}', \dots$  суть безразмерные производные,  $\tilde{M}_\varphi = lM_\varphi, \tilde{M}_\psi = lM_\psi, \dots$  суть безразмерные массы, а  $\tilde{g}_1 = g_1 l^{k_1}, \tilde{g}_2 = g_2 l^{k_2}, \dots$  — безразмерные константы взаимодействия. Заметим, что мера плотности энергии  $\hbar c/l^4$  совпадает с мерой плотности нулевой энергии для квантов с длиной волны  $l = \lambda$ . Как было показано в [77], поведение безразмерных констант  $\tilde{g}_1, \tilde{g}_2, \dots$  при  $l \rightarrow 0$  определяет перенормируемость изучаемого варианта квантовой теории поля. Гамильтониан  $\tilde{H}$  будет «хорошего» поведения только в том случае, если безразмерный гамильтониан  $\tilde{H}$  остается конечным при  $l \rightarrow 0$ .

Например, скалярное поле с самодействием. Плотность гамильтониана  $\tilde{H}(x)$  в этом случае имеет вид

$$\tilde{H} = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial\varphi}{\partial t} \right)^2 + \frac{1}{2} (\nabla\varphi)^2 + \frac{1}{2} m^2 \varphi^2 + g\varphi^n, \quad (10.41)$$

где  $n$  — целое число. Отсюда получаем

$$\tilde{H} = \frac{1}{2} \left[ \tilde{\varphi}'^2 + \nabla' \tilde{\varphi}^2 + M^2 l^2 \right] + \tilde{g} \left( \frac{l}{\Lambda_0} \right)^{4-n} \tilde{\varphi}^n, \quad (10.42)$$

где все величины<sup>1</sup> безразмерны. Из (10.42) видно, что при  $l \rightarrow 0$  плотность  $\tilde{H}$  конечна лишь при  $n \leq 4$ . Это и есть условие перенормируемости поля  $\varphi$ .

---

<sup>1</sup> Штрихи означают безразмерные производные вида  $\partial\psi/\partial x = (1/l)\tilde{\psi}'$ .

Применительно к слабому взаимодействию двух спинорных полей  $\psi_1$  и  $\psi_2$  этот же метод приводит к безразмерной плотности энергии:

$$\tilde{H}(x) = \left[ \tilde{\bar{\psi}}_1 \tilde{\psi}'_1 + M_1 l \tilde{\bar{\psi}}_1 \tilde{\psi}_1 \right] + \left[ \tilde{\bar{\psi}}_2 \tilde{\psi}'_2 + M_2 l \tilde{\bar{\psi}}_2 \tilde{\psi}_2 \right] + \\ + \frac{\Lambda_F^2}{l^2} \tilde{\bar{\psi}}_1 O^\lambda \tilde{\psi}_1 \tilde{\bar{\psi}}_2 O_\lambda \tilde{\psi}_2, \quad (10.43)$$

где первые два члена представляют собой безразмерные плотности кинетической энергии полей (с массами  $\tilde{m}_1$  и  $\tilde{m}_2$ ), а второй член есть взаимодействие полей по Ферми;  $\Lambda_F = \sqrt{G_F \hbar c} = 0,67 \cdot 10^{-16}$  см;  $G_F$  — константа Ферми;  $O^\lambda = \gamma^\lambda (1 + \gamma_5)$ . Из (10.43) видно, что при  $l \rightarrow 0$   $\tilde{H}(x)$  стремится к  $\infty$  так, что спинорные поля с гамильтонианом (10.43) неперенормируемы.

В следующем разделе описывается применение изложенного здесь метода изучения поведения взаимодействия в области больших градиентов к теории слабого взаимодействия.

**10.6. Когда слабое взаимодействие становится сильным?** Изложенный выше метод, однако в менее строгой форме, был применен еще раньше в работе под названием «Когда слабое взаимодействие становится сильным?» [55] к анализу слабого взаимодействия.

В случае слабого взаимодействия безразмерная энергия взаимодействия имеет безразмерную константу

$$\tilde{G}_F = \frac{\Lambda_F^2}{l^2}, \quad (10.44)$$

которая при  $l \rightarrow 0$  стремится к  $\infty$ . Это означает, с одной стороны, неперенормируемость теории, а с другой стороны, указывает на рост слабого взаимодействия при высоких энергиях, который теперь подтверждается в нейтринных экспериментах высокой энергии. Несколько позднее в работе, посвященной границам применимости квантовой электродинамики [56], изучался вклад слабого взаимодействия в электромагнитные процессы.

Основная идея работы была такова: если при некоторой передаче энергии и импульса эффекты слабого (фермьевского) взаимодействия становятся сравнимыми с вкладом чисто электромагнитного взаимодействия, то перенормируемость электродинамики сплетется с неперенормируемостью слабого взаимодействия и, следовательно, обе теории не могут уже рассматриваться отдельно одна от другой.

В работе были произведены оценки вклада слабого взаимодействия в сечение для различных электромагнитных процессов при высоких энергиях. В частности, сравнивалось сечение  $\sigma_{\gamma\mu}$  для процесса

$$\gamma + e \rightarrow \mu + \nu + \tilde{\nu} \quad (10.45)$$

с сечением комптон-эффекта

$$\gamma + e \rightarrow \gamma' + e'. \quad (10.46)$$

Для отношений этих сечений было получено

$$\frac{\sigma_{\gamma\mu}}{\sigma_{\gamma\gamma'}} \cong \frac{1}{\alpha} \Lambda_F^4 k^4, \quad (10.47)$$

где  $\alpha = e^2/\hbar c$ ,  $k$  — импульс фотона  $\gamma$ . Тем самым показано, что при

$$k > \alpha^{1/4} \frac{1}{\Lambda_F} \quad (10.48)$$

вклад слабого взаимодействия в процессы типа  $\gamma + e$ , т. е. процессы, которые на входе являются чисто электромагнитными, будет значительным.

В этой работе были рассмотрены и другие подобные эффекты. Во всех случаях было показано, что, когда безразмерная константа  $\tilde{G}_F = \Lambda_F^2/l^2$  становится сравнимой с единицей, вклад слабых взаимодействий в электромагнитные процессы будет значительным.

Энергию, соответствующую значению  $\tilde{G}_F = 1$ , часто называют теперь энергией «унитарного предела»<sup>1</sup>:

$$W_F = \frac{\hbar c}{\Lambda_F} = 300 \text{ ГэВ.} \quad (10.49)$$

В те годы известный американский экспериментатор В. Пановский после моего доклада в Беркли заметил: «Вы, видимо, работаете для далекого будущего». Теперь видно, что это будущее не было и тогда слишком отдаленным, и ближайшее поколение ускорителей подходит к рубежам унитарного предела.

Таким образом, эти мои работы более, чем другие, указывали на важность достижения унитарного предела как того рубежа, за которым могут открыться совершенно новые перспективы в физике элементарных частиц. Поэтому, когда встал вопрос о том, какими должны быть ускорители следующего поколения, мною с группой молодых физиков была выполнена работа, которая закончилась статьей в УФН [73].

Наше предложение строить ускорители, которые перешагнули бы унитарный предел, было единственным, нашедшим общую поддержку.

## 11. Квантовая теория нелокальных полей

**11.1. Нелокальная матрица рассеяния.** Работы по нелокальной теории поля в шестидесятых годах пошли по двум различным руслам: Г. В. Ефимов сосредоточился на изучении полей, оперирующих с формфактором  $K(s^2)$  типа рассмотренного в этом реферате в разделе<sup>2</sup> 10. Я и Г. И. Колеров избрали

<sup>1</sup> Суть дела в том, что при  $\tilde{G}_F > 1$  явно нарушается унитарность матрицы рассеяния для фермиевского взаимодействия. Поэтому ясно, что значение  $\tilde{G}_F > 1$  недопустимо.

<sup>2</sup> Он показал важность того обстоятельства, чтобы фурье-образ  $\tilde{K}(q^2)$  от  $K(s^2)$  был целой функцией.

другое направление. Оно было связано с тем, что формфакторы типа  $K(s^2)$  нарушали причинную последовательность в системах отсчета  $\Sigma$  и  $\bar{\Sigma}$ , движущихся относительно друг друга со скоростью  $u$ , крайне близкой к скорости света.

В этом скрывалось то фундаментальное обстоятельство, что в теории относительности метрика недефинита и не существует инвариантного понятия пространственной близости двух точек в четырехмерном мире. Между тем физически кажется ясным, что любые отклонения от принципов СТО должны быть локализованы в малой области пространства-времени, определенной в обычном евклидовом смысле.

**11.2. Макроскопическая причинность.** Прежде всего я исследовал вопрос о тех условиях причинности, которые, в отличие от микропричинности (например, в той форме, которая придана ей в работе Н. Н. Боголюбова), можно было бы назвать условиями макроскопической причинности. Такие условия должны формулироваться непосредственно на языке  $S$ -матрицы, взятой на поверхности масс и на языке волновых пакетов, — иными словами, на тех объектах, которые являются объектами реального физического эксперимента.

В результате этих исследований было показано, что формулировка условий макроскопической причинности требует оперирования одновременно и с пространством координат частиц  $R(x)$ , и с пространством их импульсов  $R(p)$ . Иными словами, — оперирования в фазовом пространстве  $R(x, p)$ . Это привело к выводу, что понятие макроскопической причинности совпадает с макроскопической причинностью классической физики [64–66] и единственным требованием к  $S$ -матрице оказывается требование, чтобы в волновой зоне акаузальное взаимодействие убывало быстрее, нежели  $1/R$ , где  $R$  — расстояние от области столкновения до волновых пакетов, представляющих рассеянные или вновь рожденные частицы.

Тем самым было показано, что ограничение условием макроскопической причинности является весьма слабым и, в принципе, допускает весьма широкий класс отклонений от классической микропричинности «в малом».

**11.3. «Локализация» нелокальности.** В работах [64–66] было показано, что можно определить понятие малой области в евклидовом смысле, если наряду с интервалом  $s^2 = (x - y)^2$  между событиями  $P(x)$  и  $P(y)$  располагать еще каким-либо времениподобным вектором  $n$ , который достаточно считать единичным:  $n^2 = 1$ . В этом случае можно построить инвариант вида

$$R^2 = 2(n, x - y) - (x - y)^2 \quad (11.1)$$

и определить понятие близости с помощью некоторого масштаба — «элементарной» длины  $a$ :

$$R^2 = 2(n, x - y)^2 - (x - y)^2 \geq a^2. \quad (11.2)$$

В качестве вектора  $n$  рассматривались две принципиальные возможности: а) вектор  $n$  строится из физических переменных самой системы, например,

$$n = \frac{P}{\sqrt{P^2}}, \quad (11.3)$$

где  $P$  — полный импульс системы, и б) вектор  $n$  является «внешним», например, он связан с системой, в которой покоится материя Вселенной.

В первом случае сохраняется релятивистская ковариантность динамики частиц; во втором случае одна система отсчета оказывается выделенной. В работе [62] изучалась матрица рассеяния, которая в комплексной плоскости  $E$  (энергии) имеет чисто мнимые полюсы  $E = \pm iM$ , обусловленные нелокальностью малой области пространства-времени, порядка  $a^4$ . При этом в качестве вектора  $n$  брался вектор  $(p + p')/\sqrt{(p + p')^2}$ , где  $p$  — начальный импульс нуклона,  $p'$  — его конечный импульс. Было показано, что эта аномалия будет приводить к нарушению дисперсионных соотношений при  $E \cong M = 1/a$ . Экспериментально этот вопрос изучался в ряде работ по  $\pi\rho$ -рассеянию, и до сих пор убедительных отклонений от дисперсионных соотношений найдено не было. В препринте [70] была рассмотрена  $S_{ac}$ -матрица с нелокальным формфактором; именно локальные причинные пропагаторы были заменены на нелокальные согласно формуле

$$D_{ac}(x - y) = \int D_c(x - y - \xi) \rho(\xi, n) d^4 \xi, \quad (11.4)$$

где

$$\rho(\xi, n) = f\left(\frac{R^2}{a^2}\right) \quad (11.5)$$

и

$$R^2 = 2(\xi n)^2 - \xi^2. \quad (11.6)$$

Причем в качестве вектора  $n$  принимался вектор  $P_s/\sqrt{P_s^2}$ ,  $P_s$  есть полный импульс каждой  $s$ -связной диаграммы Фейнмана. При достаточно быстром убывании  $f(R^2/a^2)$  здесь  $a$  — «элементарная» длина, все расходящиеся выражения матрицы рассеяния становятся конечными. Было показано также, как обеспечить необходимую унитарность нелокальной матрицы, удовлетворяющей требованиям унитарности и макроскопической причинности.

**11.4. Вопрос о «наинерциальнейшей» системе координат.** При обсуждении «локализации» нелокальности было указано на необходимость иметь временеподобный вектор  $n$ .

Причем было отмечено, что имеются две возможности для выбора такого вектора: а) вектор  $n$  связан с системой частиц и б) вектор  $n$  является *внешним*.

В этом случае он выделяет одну из инерциальных систем — ту, в которой  $n = (1, 0, 0, 0)$ .

В статье [63] я обратил внимание на то, что вопрос о выборе инерциальной системы координат не является тривиальным и зависит от того, какие ускорения  $\omega$  играют существенную роль в изучаемом явлении. Подходящая для рассмотрения таких явлений инерциальная система отсчета должна иметь ускорение  $g$ , удовлетворяющее условию  $g \ll \omega$ .

Оказывается, что по мере роста масштаба явлений число кандидатов на роль реальной, инерциальной системы отсчета существенно уменьшается.

Для космологических проблем явно выделена система отсчета, связанная с реликтовым излучением. Может ли такая система отсчета играть особую роль для понимания мира элементарных частиц?

В моей работе [63] указаны физические следствия для эксперимента, вытекающие из этой «сумасшедшей» идеи<sup>1</sup>. Возможно, что более реалистическое понимание физического вакуума даст новые доводы в пользу существования физически выделенной системы отсчета. Развитие такого вакуума, начиная со стадии Великого взрыва, — основа для эволюционного понимания возникновения элементарных частиц<sup>2</sup>.

**11.5. Почти локальная матрица рассеяния.** К этому же кругу вопросов относится работа [67], в которой рассматривается «почти локальная» матрица рассеяния  $\hat{S}_{ac}$ . В этой работе показано, что если дана локальная, унитарная и перенормированная матрица рассеяния  $\hat{S}_c$ , то будут существовать и нелокальные унитарные матрицы рассеяния  $\hat{S}_{ac}$ , близкие к матрице  $\hat{S}_c$  в том смысле, что в любом конечном приближении по степеням константы взаимодействия  $g$  матричные элементы матрицы  $\hat{S}_{ac}$  стремятся к матричным элементам матрицы  $\hat{S}_c$  при стремлении к нулю элементарной длины  $a$ .

Для доказательства матрица  $\hat{S}_c$  представлялась в виде

$$\hat{S}_c = e^{i\hat{\eta}}, \quad (11.7)$$

где  $\hat{\eta}$  — эрмитов оператор фазы. Далее, этот оператор представлялся в виде ряда по степеням константы взаимодействия:

$$\hat{\eta} = \sum_1^{\infty} g^s \hat{\eta}_s. \quad (11.8)$$

Матричные элементы  $\hat{\eta}$  выражаются через более привычные элементы матрицы рассеяния  $\hat{S}_c$ :

$$i\hat{\eta}_1 = \hat{S}_1, \quad i\hat{\eta}_2 = \hat{S}_2 + \frac{1}{2}\hat{S}_1^2 \text{ и т. д.} \quad (11.9)$$

(в работе дана общая формула); здесь  $\hat{S}_s$  есть коэффициент в разложении

$$\hat{S}_c = 1 + \sum_{s \geq 1}^n g^s \hat{S}_s. \quad (11.10)$$

<sup>1</sup> Здесь следует отметить, что постановка мною вопроса «наинерциальнейшей» системы отсчета вызвала целую бурю негодования со стороны тех физиков, которые думали, что даже сама постановка вопроса наносит как бы оскорбление теории относительности. Открытие реликтового излучения подтверждает правильность моей идеи по вопросу о физически выделенных системах отсчета.

<sup>2</sup> Однако время этой эволюции может быть ничтожно малым, много меньше одной секунды.

Заменим теперь какой-либо из локальных операторов  $\widehat{\eta}_s$  (или часть их, или все, для конечного  $N$ ) на нелокальный, следя такому преобразованию:

$$\widehat{\eta}_s(x - y, a) = \int \widehat{\eta}_s(x - y - \xi) \rho(n, \xi) d^4 \xi, \quad (11.11)$$

где  $\widehat{\eta}_s(x)$  — локальный оператор, а  $\widehat{\eta}_s(x - y, a)$  — уже нелокальный элемент того же порядка  $s$ ;  $\rho(n, \xi)$  есть формфактор:

$$\rho(n, \xi) = f\left(\frac{R^2}{a^2}\right), \quad R^2 = 2(n, \xi)^2 - \xi^2. \quad (11.12)$$

Отсюда следует, что если  $\widehat{\eta}_s(x - y)$  есть эрмитов оператор, то  $\widehat{\eta}_s(x - y, a)$  будет также эрмитовым оператором<sup>1</sup>. Следовательно, введение формфактора  $\rho(n, \xi)$  не нарушает унитарности новой матрицы рассеяния  $\widehat{S}_{ac}$ . Вектор  $n$  может быть наиболее удобным образом выбран в импульсном представлении и полагается равным полному входному импульсу каждой связанной диаграммы (или, вообще, связанной части матрицы  $\widehat{S}_{ac}$ ). При  $a \rightarrow 0$  формфактор  $\rho(n, \xi) \rightarrow \delta^4(\xi)$ , поэтому обеспечены и макроскопическая причинность, и предельный переход от  $\widehat{S}_{ac}$  к  $\widehat{S}_c$ .

Разумеется, указанный метод не есть метод построения нелокальной теории, а только способ доказательства существования нелокальной матрицы рассеяния, если существует локальная.

Таким путем был разрешен вопрос о существовании нелокальных матриц рассеяния.

В обсуждаемой работе был рассмотрен пример нелокальной матрицы  $\widehat{S}_{ac}$  для взаимодействия  $W = g : \varphi^3 :$  с локальностью, нарушенной в элементе второго порядка (т. к.  $\widehat{S}_1 = 0$ ).

## 12. Стохастическая геометрия

В моих работах [69, 71] по существенно-нелинейным полям было обращено внимание на то обстоятельство, что введение нелокальности, понимаемой как допущение сигналов, распространяющихся со скоростью, большей скорости света, ставит вопрос о смысле координат  $x, y, z, t$  точечного события  $P(x)$ .

В работах [74] было разъяснено, что несмотря на расходящиеся результаты (ликвидируемые в иных случаях перенормировкой) локальная теория вполне логична, если предположить, что она допускает, в принципе, существование частиц как угодно большой массы. Исходный пункт этой теории содержится в правилах коммутации полей:

$$[\varphi(x), \varphi(y)] = iD(x - y), \quad D = 0 \text{ для } (x - y)^2 < 0, \quad (12.1)$$

которые формулируются в терминах абсолютно точных координат точечного события  $P(x), P(y)$ . Единственными представителями точечных собы-

<sup>1</sup> Эрмитовость означает, что  $\widehat{\eta}_s(x - y) = \widehat{\eta}_s^*(y - x) = \widehat{\eta}_s^+(x - y)$ .

тий в микромире являются элементарные частицы (или их части). Однако известно, что микрочастицы не могут быть локализованы точнее, нежели их комптоновская длина волны,  $\hbar/Mc$ . Таким образом, на первый взгляд, возникает противоречие между конечностью масс элементарных частиц и допущением как угодно точных  $x, y, z, t$ .

Это противоречие разрешается тем обстоятельством, что локальная теория не накладывает каких-либо ограничений на массу частиц. Поэтому, в принципе, допускаются как угодно тяжелые частицы,  $M \rightarrow \infty$ . Такие абстрактные частицы и являются теми пробными телами, которые позволяют вложить физический смысл в координаты точечного события  $P(x)$ .

Напротив, отсюда следует, что если спектр масс частиц ограничен сверху, то локальная теория не может иметь физического смысла: понятие точных координат теряет смысл. Вместе с тем должна быть изменена и геометрия микромира.

В монографии «Пространство и время в микромире» [93] я рассмотрел несколько возможных вариантов изменения обычной геометрии применительно к малым областям пространства-времени.

Общая черта, объединяющая эти варианты, — это стохастический характер координат точечного события  $P(x)$ , координаты которого в той или иной форме считаются стохастическими величинами, в частности, квантовыми операторами. Стохастические координаты я обозначаю через  $\hat{x} = (\hat{x}_0, \hat{x}_1, \hat{x}_2, \hat{x}_3)$ . Без нарушения общности можно положить

$$\hat{x} = x + \hat{\xi}, \quad (12.2)$$

где  $x$  имеет обычный смысл, а  $\hat{\xi}$  — стохастический добавок.

Во многих случаях удобно считать, что среднее от  $\langle \hat{\xi} \rangle = 0$ .

Стохастическая геометрия рассматривалась математиками и у нас, и за границей, однако при этом всегда предполагалось, что метрика пространств евклидова (положительно-девинитная). Между тем в физике мы имеем дело с недевинитной метрикой  $(+ - -)$ . Это обстоятельство существенно меняет всю постановку вопроса о стохастической геометрии.

В ряде случаев стохастическая геометрия возникает сама собой из постановки задач теории поля. Как уже описывалось ранее в случае существенно-нелинейных полей, сильное поле  $\Phi(x)$  создает метрику для слабого, но быстро переменного поля  $\hat{\varphi}(x)$ . Именно лагранжиан для поля  $\mathcal{L}$  приобретает вид

$$\mathcal{L} = g_{\mu\nu}(\Phi) \frac{\partial \hat{\varphi}}{\partial x_\mu} \frac{\partial \hat{\varphi}}{\partial x_\nu}. \quad (12.3)$$

Если поле  $\Phi$  является случайной величиной  $\hat{\Phi}$ , то поле распространяется в пространстве со случайной метрикой. Ясно, что стохастическая метрика возникает и в общей теории относительности, если тензор энергии-импульса  $T_{\mu\nu}(x)$  будет случайной величиной, например, из-за турбулентного движения материи.

Возникающие флуктуации метрического тензора были рассмотрены в моей работе [60] в предположении, что стохастические колебания тензора  $T_{\mu\nu}(x)$  невелики по сравнению со средними значениями его компонент.

Из развитых в названной работе соображений следует, что много раз дискутируемый вопрос о том, следует ли «квантовать» метрику, имеет вполне определенный положительный ответ. В самом деле, тензор  $T_{\mu\nu}(x)$  всегда имеет вклад от квантовых флюктуаций в веществе и поэтому, строго говоря, является сам квантовым оператором. Другое дело, что квантовые флюктуации могут быть крайне малыми и давать лишь ничтожный эффект в метрике пространства-времени.

В упомянутой работе по флюктуациям гравитационного поля было показано, что вакуумные флюктуации квантовых полей дают существенный вклад лишь в области длин и промежутков времени, определяемых известным масштабом:

$$\Lambda_g = \sqrt{\frac{8\pi\hbar k}{c^3}} = 0,8 \cdot 10^{-32} \text{ см}, \quad (12.4)$$

где  $k$  — постоянная Ньютона.

При малых флюктуациях метрического тензора  $g_{\mu\nu}$  в формуле (12.2) можно пренебречь стохастическими добавками. Если же эти флюктуации не малы, то возникает нерешенная, даже в смысле точной постановки вопроса, проблема: для определения координат точечных событий требуется знание метрики, а метрика может быть сформулирована лишь на языке координат. Как же быть в том случае, когда сигнал, употребляемый для «локации» точечного события, распространяется в пространстве-времени, имеющем случайную метрику?

Может быть, мы и не встретимся со столь сложной ситуацией в микромире. Действительно, если по какой-либо другой причине наступят изменения в динамике микрообъектов, которые исключают столь малые масштабы, как  $\Lambda_g$ , то в этом случае гравитация не будет играть существенной роли в микромире.

Не вдаваясь сейчас в некоторые частные примеры стохастических пространств, которые имеют лишь методическое значение (см. [72, 75]), обращусь к «квантованным» пространствам.

Крайне интересная модель такого пространства-времени была давно предложена Снайдером. Снайдер рассматривает координаты точечного события  $\hat{x}_\mu$  как квантовые операторы, подчиняющиеся правилу коммутации:

$$[\hat{x}_\mu, \hat{x}_\nu] = i\hat{L}_{\mu\nu}, \quad (12.5)$$

где  $\hat{L}_{\mu\nu}$  — некоторый линейный оператор<sup>1</sup>. В этом случае оказывается, что либо временная координата  $\hat{x}_0$ , либо пространственные координаты  $\hat{x}_\mu$  имеют дискретные квантованные значения.

Мною была предложена «Г»-геометрия [78], которая основывается не на коммутаторе операторов координат, а на их антисимметрии<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Эта геометрия успешно разрабатывается В. Г. Кадышевским. Им показано (согласно с моим утверждением о роли предельной массы частиц для нелокальности), что геометрию Снайдера можно сформулировать как геометрию частиц с ограниченной массой.

<sup>2</sup> В самое последнее время этот вариант получил развитие на основе представления о «пробном» теле.

Предположим, что оператор  $\widehat{\xi}_\mu = a\gamma_\mu$ , где  $a$  — стохастическая длина, имеющая распределение  $dW(a) \geq 0$ ,  $\gamma_\mu$  — матрица Дирака. В этом случае

$$\left\{ \widehat{\xi}_\mu, \widehat{\xi}_\nu \right\} = 2ia^2\Sigma_{\mu\nu}, \quad (12.6)$$

где  $\{a, b\} = ab + ba$ . Было показано, что в такой геометрии можно определить поле

$$\psi(x) = \int \tilde{\psi}(k)e^{ik\widehat{x}}d^4k \quad (12.7)$$

с помощью его компоненты Фурье  $\tilde{\psi}(k)$ , которая подчиняется обычным локальным уравнениям в импульсном представлении. Например, для свободного скалярного поля с массой  $m$

$$(k^2 - m^2)\tilde{\psi}(k) = 0. \quad (12.8)$$

Далее были найдены коммутаторы и  $T$ -произведения полей  $\psi(\widehat{x})$  и  $\psi(\widehat{y})$ , взятых в различных точках  $\widehat{x}$  и  $\widehat{y}$ . Оказалось, что среднее значение поля  $\langle \psi(\widehat{x}) \rangle$  по всем возможным значениям стохастической переменной  $\widehat{x}$  совпадает с нелокальным полем, определенным в обычном пространстве  $R_4(x)$ :

$$\langle \psi(\widehat{x}) \rangle_\Gamma = \psi(x) = \int \varepsilon(x-y)\Phi(y)d^4y, \quad (12.9)$$

где  $\Phi(y)$  — локальное поле, а  $\psi(x)$  — нелокальное, образованное из локального по формуле (12.9).

Ввиду линейности соотношения (12.9) его можно рассматривать как связь между полем  $\Phi(x)$  и «индукцией»  $\psi(x)$ , а ядро преобразования (12.9)  $\varepsilon(x-y)$  — как диэлектрическую постоянную.

Сравнение (12.5) и (12.6) показывает, что пространство Снайдера  $R_4(\widehat{x})$ , определенное с помощью (12.5), и пространство  $\Gamma_4(\widehat{x})$ , определенное с помощью (12.2) и (12.6), различаются тем, что в одном случае имеется коммутатор для координат  $\widehat{x}_\mu$ , а во втором — антикоммутатор. Благодаря этому во втором случае стохастические добавки  $\widehat{\xi}_\mu$  конечны.

Возникающее нелокальное поле  $\psi(x)$ , в сущности, то же, что фигурирует в работах Г. В. Ефимова, посвященных построению матрицы рассеяния для нелокального поля.

Идея стохастической геометрии имела ту же цель, что и развитие нелокальной теории, — освободиться от бесконечностей в квантовой теории поля.

Для всего развития нелокальной теории было бы крайне важно получить поддержку в эксперименте. Однако до сих пор не найдено фактов, указывающих на нарушение обычной микропричинности.

Более того, открытие глубоконеупругих процессов указывает, что фундаментальное значение светового конуса сохраняет свою силу. Второй факт — это открытие структурных элементов адронов-кварков.

Фронт борьбы с расходимостями перемещается теперь на другой уровень — внутрь элементарных частиц.

Несмотря на большую работу, проделанную в области изучения нелокальной теории и поисков новой микрогеометрии, в настоящее время перед нами остаются две возможности.

1) Изучение квантовой теории поля за пределами теории возмущения, в области существенно-нелинейных явлений, таких как, например, поляризация вакуума. Самосогласованные решения уравнений поля типа «поляронов» и «солитонов» могут избавить нас от расходимостей, пугающих сейчас всех, кто работает в квантовой теории поля.

2) Вторая возможность, которая пока остается за пределами экспериментальных фактов, — это построение новой микрогеометрии. Эта новая ситуация ожидает своего изучения.

### 13. Работы по методологии физики

Моя философская концепция формировалась под влиянием идей Ленина, блестяще изложенных им в «Материализме и эмпириокритицизме». Мне приходилось много раз защищать идеи основоположников диалектического материализма как от его противников, так и от его примитивных защитников — догматиков из среды наших философов [80–83]. Здесь неуместно входить в описание этой борьбы, которая временами принимала драматический характер.

Главные мои работы в этой области были посвящены методологическим проблемам квантовой механики.

Ряд работ был посвящен критике взглядов копенгагенской школы Н. Бора. Эти взгляды оказали на нас, физиков того времени, огромное влияние. Однако я не мог освободиться от впечатления, что роль наблюдателя в концепции Н. Бора и В. Гейзенberга явно преувеличивается и во многих отношениях не совместима с основами материалистической гносеологии.

Позднее я критиковал и взгляды В. А. Фока, который сделал существенный шаг по пути освобождения от копенгагенской концепции, но все же он не был вполне последователен в этом отношении.

Эти споры нашли отражение в моих работах [83–85]. Полемический характер моих статей, посвященных критическому анализу взглядов копенгагенской школы и взглядов В. А. Фока, далеко не сразу, а лишь постепенно привел меня к последовательно материалистической концепции квантовых ансамблей и математической теории измерений. Только в шестидесятых годах после дискуссии с венгерским физиком Л. Яноши мне удалось сформулировать разумную теорию квантовых измерений, свободную от непоследовательности в трактовке роли наблюдателя.

Это новая концепция, в которой измерительный прибор и его взаимодействия с микрообъектом из предмета философских дискуссий были превращены в предмет теоретической физики, иными словами, было показано, как можно рассчитать это взаимодействие.

Вместе с тем пресловутое «стягивание» волновой функции (в результате наблюдения) потеряло все элементы мистики.

Другая сторона дела в этой концепции заключается в признании объективного характера случайности и неустранимости этой случайности из

квантовой механики. Случайность, столь характерная для микроявлений, обнаруживает себя и в макроскопическом мире. Влияние микроявлений на микроявления осуществляется через нестабильные состояния макросистем.

Вся эта новая идеология квантовой теории изложена в моей монографии «Принципиальные вопросы квантовой механики», изданной сначала по-русски в 1966 г. (см. также [68] и сборник, посвященный восьмидесятилетию Луи де Бройля [76]) и переведенной затем на иностранные языки [90]. Эта же концепция отражена в новом пятом издании учебника «Основы квантовой механики» [92].

Мое отношение к ленинскому «Материализму и эмпириокритицизму» особенно ясно было выражено в статье «Ленин и физика», опубликованной в книге «Наука и человечество» за 1969 г., в связи с исполнявшимся в 1970 г. столетием со дня рождения В. И. Ленина [86]. В этой статье я высказал новые идеи, касающиеся процесса познания.

Спор о том, отображает ли мышление человека реальный мир или оно протекает в условных символах, «иероглифах», как это считал Гельмгольц, на мой взгляд, имеет простое решение в концепции материализма: живое существо, неправильно отображающее мир, неминуемо погибнет, столкнувшись с непредвиденным.

Все дело в существовании прямых и обратных связей и в степени совершенства этих связей. Отображение же действительности не есть «зеркальное» ее воспроизведение, а создание логического образа внешнего мира. Поэтому спор о том, являются ли эти образы символами или зеркальными отражениями, получает более глубокое толкование.

Я придаю важное значение своей работе «О соотношении фундаментальных и прикладных наук» [87] (см. также [88]), в которой, в сущности, рассматривается более глубокая проблема — проблема особенностей человека как биологического существа.

Основная идея такова. Первая особенность — человек запрограммирован как любомудр — любознательность составила основу отрыва человека от остального животного мира.

Вторая особенность — способность передавать свои знания следующему поколению в расширенном виде:

$$C_{N+1} = \alpha C_N, \quad (13.1)$$

где  $C$  — знания  $N$ -го поколения,  $C_{N+1}$  — знания  $(N + 1)$ -го поколения и  $\alpha > 1$ .

Третья особенность — неодолимая потребность в эмоциональном контакте с внешним миром, отсюда возникновение религии и искусства.

В этой же работе была дана основная формула современной «научно-технической революции». Отношение

$$\Phi = \frac{\text{активность людей в производстве идей}}{\text{активность в производстве вещей}} \quad (13.2)$$

будет расти с течением времени (разумеется, если наш мир не постигнет какая-либо катастрофа).

С юных лет ощущение и сознание того, что мы, люди, являемся частью Вселенной, частью ее Красоты и Тайны, — мировосприятие, которому я обязан К. Э. Циолковскому, не покидало меня.

Мне было очень отрадно установить, что квантовая механика лишает мир постного лика, который ему навязывал примитивный детерминизм. В свете этой науки весь мир предстает как азартная игра изобретательного случая.

В последнее время я неоднократно обращался мысленно к Великому взрыву (или, как менее почтительно называют его американцы, «Big Bang»), породившему нашу Вселенную.

Мне казалась нелепой мысль о том, что этот взрыв возник из «ничего»... Меня не устраивала также и мысль о его «создании», поскольку никто не мог бы мне что-то добавить о Творце Вселенной, что прояснило бы суть дела.

Анализируя модель Фридмана расширяющейся «горячей» Вселенной, которая получает сейчас разностороннее подтверждение в астрофизических наблюдениях, я пришел к заключению, что видимая нами Вселенная (Метагалактика) не могла бы образоваться в пределах четырехмерного мира.

Я предложил гипотезу о существовании более обширного Метапространства  $M_n$ ,  $n > 4$ , в котором свободно движутся метатела и антитела [79]. По этой гипотезе, наша Метагалактика образовалась при столкновении таких метател. Из этой гипотезы вытекает важное следствие — возможность залета метател в нашу Метагалактику и тем самым возникновение взрывов большой энергии.

Такой вывод из этой картины подтверждается наблюдениями В. А. Амбарцумяна, который уже много лет указывает на факт образования звезд не при сгущении облака пыли, а при взрыве плотных тел.

Если эта гипотеза будет находить дальнейшее подтверждение, то она расширит человеческий взгляд, выведет его за пределы видимой теперь Вселенной.

## Список научных работ, цитируемых в автореферате

### 1. Научные работы по теоретической физике и ядерной энергетике

- О работе выхода электронов из металла. Совместно с И. Е. Таммом // ЖЭТФ. 1933. Т. 3, вып.2. С. 77–100; Z. Phys. 1932. Bd. 77. S. 774–777.
- К теории движения электронов в кристаллической решетке // ЖЭТФ. 1933. Т. 3. С. 475–498; Phys. Z. Sowjetunion. 1934. Bd. 5, №. 2. S. 316–343.
- Zur Theorie der anomalen magnetischen und thermoelektrischen Effekte in Metallen (К теории аномальных магнитных и термоэлектрических эффектов в металлах). Совместно с Л. Нордхеймом // Z. Phys. 1933. Bd. 84. S. 168–194.
- Zur Theorie des Starkeffektes im zeitveränderlichen Feld (К теории штарк-эффекта в переменном поле) // Phys. Z. Sowjetunion. 1933. Bd. 4, №. 3. S. 501–515.
- К теории фосфоресценции // Докл. АН СССР. 1934. Т. 2. С. 78–81 (Представлено акад. С. И. Вавиловым).
- К теории поглощения света в гетерополярных кристаллах // ЖЭТФ. 1935. Т. 5. С. 470–477; Phys. Z. Sowjetunion. 1935. Bd. 7, №. 5/6. S. 639–651.
- К теории окрашенных кристаллов // ЖЭТФ. 1936. Т. 6. С. 1053–1059; Phys. Z. Sowjetunion. 1936. Bd. 10, №. 4. S. 431–441.

8. Замечания к теории фосфоресценции // ЖЭТФ. 1936. Т. 6. С. 1060–1061; Phys. Z. Sowjetunion. 1936. Bd. 10, Hf. 3. S. 424–426.
9. Кинетика фосфоресценции // ЖЭТФ. 1937. Т. 7. С. 1242–1251; Phys. Z. Sowjetunion. 1937. Bd. 12, Hf. 5. S. 586–601.
10. Смещение спектральных линий, вызванное обратным действием поля излучения (Доклад на семинаре ФИАН, 1938). Сб. научных работ и статей в 7 т. Т. 2. Дубна: ОИЯИ, Р-252. 1958. С. 333–350.
11. The Gibbs Quantum Ensemble and Its Connection with the Classical Ensemble (Квантовый ансамбль Гиббса и его связь с классическим ансамблем) // J. Phys. 1940. V. 2. P. 71–74.
12. Связь квантового ансамбля с классическим ансамблем Гиббса. Совместно с П. Немировским // ЖЭТФ. 1940. Т. 10. С. 1263–1266; J. Phys. 1940. V. 3. P. 191–194.
13. О разделении системы на части — квантовую и классическую. Совместно с Я. Б. Дащевским // ЖЭТФ. 1941. Т. 11. С. 222–225.
14. К теории твердых выпрямителей. Совместно с Б. Давыдовым // Докл. АН СССР. 1938. Т. 21. С. 22–25 (Представлено акад. А. Ф. Иоффе).
15. Колебания системы связанных источников звука и резонаторов // ЖТФ. 1942. Т. 12. С. 317–323.
16. Возбуждение резонаторов потоком воздуха // ЖТФ. 1945. Т. 15. С. 63–70.
17. Влияние резонатора на излучение источника звука // ЖТФ. 1943. Т. 13. С. 703–709.
18. Затухание собственных колебаний рупора // ЖТФ. 1943. Т. 13. С. 710–712.
19. К расчету затухания акустического рупора // ЖТФ. 1945. Т. 15. С. 84–88.
20. Вихревой звук // ЖТФ. 1945. Т. 15. С. 71–83.
21. Излучение ускоренно движущегося источника звука // Изв. АН СССР. Сер. физ. 1942. Т. 6. С. 66–69.
22. Распространение звука в неоднородной и движущейся среде // Докл. АН СССР. 1944. Т. 45. С. 343–346 (Представлено акад. С. И. Вавиловым); J. Acoust. Soc. America. 1946. V. 18. P. 329–334.
23. Движущийся приемник звука // Докл. АН СССР. 1945. Т. 47. С. 22–23 (Представлено акад. С. И. Вавиловым).
24. Рассеяние звука в турбулентном потоке // Докл. АН СССР. 1945. Т. 46. С. 150–153 (Представлено акад. С. И. Вавиловым).
25. Релятивистски-инвариантное обобщение законов взаимодействия элементарных частиц // Ученые записки МГУ. Вып. 77. Физика. 1945. Кн. 3. С. 101–111.
26. Замечания о возможном релятивистски-инвариантном обобщении понятия поля // ЖЭТФ. 1946. Т. 16. С. 480–482; J. Phys. 1946. V. 10. P. 167–169.
27. Спектры флуоресценции и абсорбции сложных молекул // ЖЭТФ. 1939. Т. 9. С. 459–466; J. Phys. 1939. V. 1. P. 117–124.
28. Современное состояние теории фосфоресценции // Изв. АН СССР. Сер. физ. 1945. Т. 9. С. 391–402.
29. О негамильтоновом методе в теории элементарных частиц // ЖЭТФ. 1947. Т. 17. С. 266–271; J. Phys. 1947. V. 11. P. 179–183.
30. Уравнение для рассеяния частиц с учетом реакции излучения // Докл. АН СССР. 1946. Т. 53. С. 205–208 (Представлено акад. С. И. Вавиловым).
31. Атом в поле зрения электронного микроскопа // ЖЭТФ. 1947. Т. 17. С. 814–817.
32. Принцип детального равновесия и квантовая механика // ЖЭТФ. 1947. Т. 17. С. 924–929.
33. Теория поля протяженных частиц // ЖЭТФ. 1948. Т. 18. С. 566–573.
34. Теория поля протяженных частиц // Вестник МГУ. 1948. № 1. С. 83–91.

35. Связь математического аппарата квантовой механики с аппаратом механики классической. *Совместно с Ч.М. Борискиной* // Вестник МГУ. 1948. № 10. С. 115–118.
36. Прохождение нуклонов через вещество // ЖЭТФ. 1949. Т. 19. С. 953–958.
37. Элементарные частицы и поле // УФН. 1950. Т. 42. С. 76–92.
38. Всегда ли существует «дуализм» волн и частиц? // УФН. 1951. Т. 44. С. 104–109.
39. О распространении сигналов в нелинейной теории поля // Докл. АН СССР. 1952. Т. 82. С. 553–556 (Представлено акад. Д. В. Скобельцыным).
40. О распространении сигналов в нелинейной электродинамике. *Совместно с В. В. Орловым* // ЖЭТФ. 1953. Т. 25. С. 513–526.
41. К теории нуклонов // ЖЭТФ. 1955. Т. 29. С. 33–36.
42. Рассеяние быстрых протонов на протонах // ЖЭТФ. 1957. Т. 32. С. 347–349.
43. Замечания о применимости гидродинамического описания к квантовым системам // ЖЭТФ. 1957. Т. 32. С. 350–352.
44. On the Theory of the Motion of a Particle in the Coulomb Field (К теории движения частицы в кулоновском поле) // J. Phys. 1946. V. 10. P. 196.
45. Первая атомная электростанция СССР и пути развития атомной энергетики. *Совместно с Н. А. Николаевым. Материалы Международной конференции по мирному использованию атомной энергии. Женева, 1955. М.; Л.: Госэнергоиздат, 1958. Т. 3: Энергетические реакторы. С. 51–76.*
46. Soviet Research Reactors (Советские исследовательские реакторы). *Совместно с С. М. Фейнбергом* // Progress in Nuclear Energy. Ser. 2. Reactors. London; New York: Pergamon Press, 1956. V. 1. P. 111–158.
47. Реактор атомной электростанции АН СССР. *Совместно с Н. А. Должалем и А. К. Красиным* // Атомная энергия. 1956. № 1. С. 10–23.
48. Физические и тепловые расчеты реактора атомной электростанции АН СССР. *Совместно с М. Е. Минашиным и Ю. А. Сергеевым* // Атомная энергия. 1956. № 1. С. 24–42.
49. Первая атомная // Вопр. истории. 1974. Т. 6. С. 107–121.
50. Экспериментальный реактор на быстрых нейтронах БР-2. *Совместно с А. И. Лейпунским и др.* // Атомная энергия. 1957. Т. 2. С. 497–500.
51. Импульсный реактор на быстрых нейтронах. *Совместно с Г. Е. Блохиным и др.* // Атомная энергия. 1961. Т. 10. С. 437–446.
52. Особенности конструкции и оптимизация модулятора реактивности реактора ИБР-2. *Совместно с В. Д. Ананьевым, В. В. Бондаренко и др.* // Атомная энергия. 1971. Т. 31. С. 352–358.
53. The Non-Linear Field Theory and the Theory of Relativity (Нелинейная теория поля и теория относительности) // Nuovo Cim. 1956. V. 3. P. 629–634.
54. О флуктуациях ядерного вещества // ЖЭТФ. 1957. Т. 33. С. 1295–1299.
55. Когда слабое взаимодействие становится сильным? // УФН. 1957. Т. 62. С. 381–383; В сб.: К физике нейтрино высоких энергий. Дубна: ОИЯИ, Д-577. 1960. С. 49–51.
56. О возможном пределе применимости квантовой электродинамики // ЖЭТФ. 1958. Т. 35. С. 254–257; Nuovo Cim. 1958. V. 9. P. 925–929.
57. Структура нуклона и пион-пионное взаимодействие. *Совместно с В. С. Баращенковым и Б. М. Барбашовым*. Дубна: ОИЯИ, Р-317. 1959; Nuovo Cim. 1959. V. 12. P. 602–610.
58. Структура нуклонов. *Совместно с В. С. Баращенковым и Б. М. Барбашовым* // УФН. 1959. Т. 68. С. 417–447.
59. Электромагнитная структура протона и нейтрона. *Совместно с В. С. Баращенковым и Б. М. Барбашовым* // ЖЭТФ. 1959. Т. 36. С. 1611–1612.

60. Флуктуации пространственно-временной метрики. Препринт ОИЯИ Д-474. Дубна, 1960; Nuovo Cim. 1960. V. 16. P. 382–387.
61. New Functional Methods in Field Theory (Новые функциональные методы в теории поля) // Proc. of the Intern. Conf. on High Energy Phys. Rochester, 1960. Rochester: UR, 1960. P. 867–871.
62. Acausality and Dispersion Relations (Нарушение причинности и дисперсионные соотношения). In collaboration with G. I. Kolerov. JINR Preprint E-1646. Dubna, 1964; Nuovo Cim. 1964. V. 34. P. 163–181.
63. On Experimental Verification of Homogeneity and Isotropy of Space (Об экспериментальном подтверждении однородности и изотропности пространства) // Phys. Lett. 1964. V. 12. P. 272–273.
64. Conditions of Macroscopic Causality for the Scattering Matrix (Условия макроскопической причинности для матрицы рассеяния). In collaboration with G. I. Kolerov // Nuovo Cim. A. 1966. V. 44. P. 974–983.
65. Макроскопическая причинность в теории  $S$ -матрицы // Тр. Междунар. совещания по нелокальной квантовой теории поля. Дубна, 1967. ОИЯИ, Р2-3590. 1967. С. 18–21.
66. Macroscopic Causality. JINR Preprint E2-3293; Preprint. Inst. Theor. Phys. 1C/67/36. Trieste, 1967.
67. Почти локальная матрица рассеяния. Совместно с Г. И. Колеровым // Вопросы теории элементарных частиц: Тр. междунар. семинара по теории элементарных частиц, Варна, 1968. ОИЯИ, Р2-4050. Дубна, 1968. С. 419–425; Проблемы теоретической физики: Сб. статей, посвященный Н. Н. Боголюбову в связи с его шестидесятилетием. М.: Наука, 1969. С. 47–53.
68. О взаимодействии микросистемы с измерительным прибором // УФН. 1968. Т. 95. С. 75–89.
69. О квантовании существенно-нелинейного поля // ТМФ. 1970. Т. 4. С. 145–151; Nuovo Cim. A. 1971. V. 2. P. 632–640.
70. Современное состояние нелокальной и неперенормируемой теории поля. Препринт ОИЯИ Р2-4941. Дубна, 1970.
71. Recent Developments on Nonlocal and Essentially Nonlinear Field Theory (Современное состояние нелокальной и существенно-нелинейной теории поля) // Fundamental Problems of the Elementary Particle Theory: Proc. of the Seminar in the Course of the XVth Intern. Rochester Conf. on High Energy Physics, Kiev, 1970. Kiev: ITP, 1970. 70-99. P. 41–58.
72. Стохастические пространства // ТМФ. 1972. Т. 11. С. 3–8; Acta Phys. Acad. Sci. Hung. 1972. V. 32. P. 75–81.
73. Проектирование новых ускорителей и задачи современной физики элементарных частиц. Совместно с А. В. Ефремовым и Р. М. Мурадяном // УФН. 1973. Т. 109. С. 259–268.
74. Geometry and Physics of the Microworld (Геометрия и физика микромира) // JINR Preprint E2-6653, Dubna, 1972; УФН. 1973. Т. 110. С. 481–497.
75. Стохастические пространства // ЭЧАЯ. 1974. Т. 5. С. 606–644.
76. Statistical Ensembles in Quantum Mechanics (Статистические ансамбли в квантовой механике) // Quantum Mechanics, Determinism, Causality, and Particles. Dordrecht; Boston: Publ. Company Holland/USA, 1976. P. 147–158.
77. Существенно-нелинейные поля и поляризация вакуума // ТМФ. 1974. Т. 21. С. 155–159.
78. Стохастическое пространство и нелокальное поле // ТМФ. 1973. Т. 17. С. 153–159.
79. О гипотезе расширяющейся Вселенной // Докл. АН СССР. 1976. Т. 229. С. 67–69.

**2. Статьи по философии естествознания**

80. Борьба вокруг закона сохранения и превращения энергии в современной физике. *Совместно с Ф. М. Гальпериным //* Под знаменем марксизма. 1934. № 2. С. 97–106.
81. Гипотеза нейтрино и закон сохранения энергии. *Совместно с Ф. М. Гальпериным //* Под знаменем марксизма. 1934. № 6. С. 147–157.
82. Дискуссия о природе физического знания (Обсуждение статьи М. А. Маркова) // Вопр. философии. 1948. № 1. С. 212–214.
83. Критика идеалистического понимания квантовой теории // УФН. 1951. Т. 45. С. 195–228.
84. Ответ академику В. А. Фоку // Вопр. философии. 1952. № 6. С. 171–175.
85. Критика философских воззрений так называемой «копенгагенской школы» в физике // Философские вопросы современной физики. М.: Изд-во АН СССР, 1952. С. 358–395.
86. Ленин и физика // Наука и человечество. 1969. М.: Знание, 1970. С. 48–65.
87. О соотношении фундаментальных и прикладных наук. Препринт ОИЯИ Р2-7553. Дубна, 1973.
88. Пропорции в науке // Наука и жизнь. 1974. № 6. С. 72–78.

**3. Учебники и монографии**

89. Акустика неоднородной движущейся среды. М.; Л.: Гостехиздат, 1946. 220 с.
90. Принципиальные вопросы квантовой механики. М.: Наука, 1966. 160 с.; на японском языке: Токио, 1974.
91. Основы квантовой механики. Учебное пособие для гос. университетов. Изд. 2. М.; Л.: Гостехиздат, 1949. 588 с.; изд. 3. М.: Высшая школа, 1961. 512 с.; изд. 4. М.: Высшая школа, 1963. 620 с.
92. Основы квантовой механики. Учебное пособие для вузов. Изд. 5. М.: Наука, 1976. 664 с.
93. Пространство и время в микромире. М.: Наука, 1970. 359 с.

## Часть IV

# АВТОБИОГРАФИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ И ВОСПОМИНАНИЯ Д. И. БЛОХИНЦЕВА

## 36

### АВТОБИОГРАФИЯ БЛОХИНЦЕВА ДМИТРИЯ ИВАНОВИЧА

Я родился в 1908 году в Москве, в семье студента Петровской сельскохозяйственной академии. Впоследствии отец — агроном, специалист по маслоделию. В 1962 году отец скончался. Мать, являвшаяся домашней хозяйкой, скончалась в 1964 году.

Юношой я занимался различной случайной работой и одновременно учился. В 1925 году окончил Московский промышленно-экономический техникум и по окончании его в течение года работал старшим рабочим в «Азвин» (Москва). В 1926 году поступил на физический факультет Московского государственного университета, который окончил в 1930 году и был оставлен в аспирантуре научно-исследовательского института физики при МГУ, по специальности теоретическая физика. По окончании аспирантуры в 1933 году работал в НИИФ МГУ и на физическом факультете МГУ, где вел в то время новый курс квантовой механики.

В 1934 году защитил диссертацию, на основании которой в 1935 году мне была присуждена степень доктора физико-математических наук, а в 1936 году — звание профессора теоретической физики. В должности профессора я непрерывно работаю на физическом факультете МГУ, читая различные курсы и руководя работой дипломников и аспирантов. Многие из моих учеников выросли в самостоятельных ученых и имеют ученые степени и звания. С физическим факультетом МГУ я связан и в настоящее время. Сейчас являюсь заведующим кафедрой физики атомного ядра в филиале этого факультета в Дубне.

Основной работой с 1935 г. была работа в ФИАН СССР, где я работал старшим научным сотрудником.

Мои работы (всего свыше ста наименований), выполненные за последние годы, весьма разнообразны и относятся:

- а) к различным областям теоретической физики (теория твердого тела, оптика, квантовая механика, теория относительности);
- б) к философии естествознания (квантовая механика, теория поля и частиц, акустика);
- в) к технике реакторостроения, теории реакторов.

Мною написан курс квантовой механики, переведенный на шесть языков. За этот курс мне была присуждена Государственная премия Первой степени. Я принимал участие в различных работах Киевского физического института и в 1938 г. был избран членом-корреспондентом Украинской академии наук.

Еще до начала войны начал участвовать в военной тематике и во время войны работал в этой области в ФИАН.

В 1942 году вступил кандидатом в члены партии и в 1943 году в ноябре был принят в члены КПСС.

За работу в ФИАН был награжден орденом Ленина.

С 1947 года принимал участие в работах по развитию советской атомной техники. С 1950 года это участие стало более полным, когда я был назначен директором научно-исследовательской лаборатории. За время моей работы эта лаборатория выросла в большой квалифицированный институт, который, в частности, возглавлял работы по созданию первой в мире атомной электростанции. Первая атомная станция начала работать в 1954 году и успешно работает до сих пор. Работы по этой станции были доложены мной на первой Женевской конференции по мировому использованию атомной энергии в 1955 году.

В последние годы я работаю по физике высоких энергий, в особенности по нелокальной теории поля (проблемы причинности и дисперсионных соотношений).

Я принимал участие в ряде научных съездов и конференций. В частности, был заместителем руководителя делегации советских ученых на Женевской конференции 1955 года и выступил на этой конференции с основным докладом. В дальнейшем был не раз руководителем советской делегации физиков на конференциях по физике высоких энергий (в Женеве, Беркли, Рочестере, Вене) и выступал с научными докладами, многократно выезжал в научные командировки в США, Индию, Австрию, Китай, ГДР, Болгарию и др. страны.

Принимал участие в издании Большой Советской Энциклопедии. Являюсь членом редакционной коллегии журнала «Успехи физических наук». Работаю в Советском комитете мира как член Совета этой организации. Являюсь членом Научно-технического совета Госкомитета Совета Министров СССР по использованию атомной энергии.

Постановлением Совета Министров СССР назначен членом Комитета по Ленинским премиям и состою там по настоящее время. С 1961 по 1969 год являлся сначала вице-президентом, а позднее президентом международной организации (Союз чистой и прикладной физики при ЮНЕСКО).

С 1967 года являюсь членом Научно-консультационного совета при Генеральном секретаре ООН У Тане.

В 1956 году в марте месяце я был избран Совещанием полномочных представителей одиннадцати стран директором международной организации — Объединенного института ядерных исследований. В 1961 году был избран на эту должность на второй срок. С 1965 года являюсь директором Лаборатории теоретической физики ОИЯИ.

В 1958 году я избран членом-корреспондентом Академии наук СССР. В 1957 году избран почетным доктором Высшей технической школы в Пра-

ге (Чехословакия). В 1959 году мне присвоена почетная степень доктора естественных наук естественно-математического факультета Лейпцигского университета. В 1960 году меня избрали членом Венгерской академии наук и в 1965 году — членом академии «Леопольдина» (Германия). В 1969 году избран почетным доктором Университета им. Гумбольдта (Берлин).

За работу в последние годы мне присвоено звание Героя Социалистического Труда. Имею четыре ордена Ленина, орден Трудового Красного Знамени, медали, звание лауреата Ленинской и Государственной премий. Был избран делегатом XXII съезда КПСС.

Сейчас являюсь членом Горкома КПСС г. Дубны, а также членом Советского Комитета защиты мира.

*Д. И. Блохинцев*

21 июля 1971 года

## 37

### СВЕТ ИЗ КАЛУГИ\*

Эти воспоминания Д. И. Блохинцева, подготовленные к публикации его вдовой Н. А. Коненковой, раскрывают малоизвестные страницы развития отечественной ракетной техники и космической философии.

Переписка 17-летнего Д. И. Блохинцева с известным 68-летним ученым К. Э. Циолковским может послужить современным молодым исследователям примером подлинной устремленности к творческой деятельности. Большой интерес представляет также история появления исполненного высокого нравственного смысла образа «космического корабля Земля», получившего всемирное распространение после описанного здесь выступления Блохинцева в США.

Самым отрадным в жизни является то, что в потоке людей есть возможность встретиться с личностями исключительными; людьми, которые, выражаясь языком физики, флюоресцируют своим ярким, теплым светом. И еще более отрадно работать среди таких людей, иметь среди них друзей и чувствовать, как говорят в армии, их плечо.

В этом отношении мне или везло, или была очень сильной моя тяга к таким людям, но я не был обижен их обществом. Жизнь оказавших на меня влияние людей, с которыми мне приходилось работать и дружить, — настоящая поэма. Было бы просто недостойно ограничиться перечислением этих людей. А рассказать здесь о каждом просто нет возможности. Поэтому я решил рассказать только об одном человеке, соприкосновение с которым было для моей судьбы определяющим: о Константине Эдуардовиче Циолковском и который, как сказали бы теперь, вывел меня на орбиту. А началось все с того, что я услышал ЗОВ АЭЛИТЫ.

Неясные сигналы с Марса: «Анта-Адели-Ута...» 2 февраля 1925 года я записал в дневнике: «С тех пор, как видел «Аэлиту», мне точно огнем выжгло в подсознании этот мощный полет, и я ударился в ракеты. ...Хожу на лекции, изучаю механику и высшую математику... Работай, работай!» Передо мною вырезка из журнала того времени. Прекрасная Аэлита (Юлия Солнцева) с телескопом в руке. На заднем плане марсианский дворец, фигуры марсиан... Дворец такой «модернистский», как будто построен недавно в Лос-Анджелесе. Видимо, наши архитекторы когда-то позднее сильно сбились с пути, если в 1950-е годы строили здания атомных «объектов» на манер дворянских усадеб.

---

\* Техника — молодежи. 1983. № 4. С. 14–17.

Образы марсиан, Аэлиты, как олицетворение сверхчувственного, не отступают от меня... Мне грезится будущий человек без страстей, без ненависти, без любви. Его сила в знании. В знании, проникающем все дальше и дальше в глубины Вселенной. «Он властелин, он полубог».

Однако дело не ограничивалось восхищением романтическим миром Марса. Ради прекрасного я одолеваю высшую математику и механику. Строил модели ракет. Изобрел маятник, по отклонению которого судил о реактивной силе ракеты, о качестве сопла и заряда. Одна из моделей не оправдала предположений, она взорвалась со страшной силой; мы, трое «испытателей», стояли, окутанные синевой дыма. Тяжелый маятник перелетел в другой двор (больницы Склифосовского). На земле, в садике валялись обрывки ракеты... К счастью, все опасные детали пролетели мимо нас. Отовсюду из окон повысовывались испуганные жители... В этот час хоронили Воровского. Наш взрыв был принят за почетный салют, и это успокоило.

Вот протокол испытания одной из моделей.

«5 апреля 1925 года. 1-я Гражданская (Мещанская), д. 8.

#### Испытание на реакцию

Ракета та же. № 3.

Вес 78 г.

Вес баланса 20,5 г.

Вес маятника 447,6 г.

Вес оси 38,0 г.

Итого 524,7 г.

Результат: по невыясненной причине ракету разорвало. К тому же вес маятника был явно недостаточным... На шкале отчеркнуто 25, затем резкие поперечные черты... Взрыв...

Выводы:

- 1) Сделать маятник весом не меньше 1,5 кг.
- 2) Подшипники сделать замкнутые.
- 3) Обратить внимание на разрыв и предупреждение его.
- 4) Осторожней при поджигании...»

Я обратился к Циолковскому, достал книги Г. Оберта, В. Валье и Р. Годдарда. К счастью, в то время для выписки заграничных книг не требовалось иметь ученого звания. Препятствием для меня была лишь необходимость платить за эти книги: тогда я работал в подвалах «Азвин» и доходы мои были крайне скучны.

Пришлось одолеть и основы дифференциального и интегрального исчисления. Я овладел теорией ракет, рассчитывал их скорости и орбиты. Меня угнетала недостаточность температуры, развиваемой при сгорании даже самых экзотических топлив. В рабочей тетради 23 июля 1925 года записано: «Самый основной вопрос, который остается для меня (вероятно, и для других) открытым, — это вопрос о взрывчатом веществе». И тут я обращаюсь к внутриатомной энергии (ядерной), делая примечание: «Но ведь мы еще не научились управлять ею!»

Моя первая теоретическая работа «Ракета» содержит много вычислений. Как же повлиять на радиоактивный распад? Позднее я работал над примене-

нием внутриядерной энергии, подсчитывал завидную энергию  $\alpha$ -частиц, рассчитывал применение потока заряженного газа, ускоряемого электрическим полем.

В этот период я посещал читальню БИНТ (Бюро иностранной науки и техники, на Мещанской ул.), слушал лекции профессоров Ветчинкина, Рынина и др. Ходил в Петровский дворец на подготовительные курсы для поступления в Военно-воздушную академию.

Мне удалось познакомиться с данными Резерфорда о расщеплении ядра атома. Из газетных сообщений я узнал о намерениях Капицы расщепить атом сильными магнитными полями.

Эти новые и поразительные данные заставили меня переориентироваться, и в 1926 году, осенью, я поступил не в Военно-воздушную академию, а на физический факультет Московского государственного университета.

Физика, и особенно теоретическая физика, настолько увлекла меня сама по себе, что я надолго забыл свои мечты о космических полетах на Луну и Марс. Однако много лет спустя, после войны, я вновь вернулся к «Аэлите», на этот раз вооруженный много большими знаниями и совершенно новыми возможностями. Но тогда до этого было далеко.

### ПЕРЕПИСКА С ЦИОЛКОВСКИМ

Вот мое первое письмо в Калугу.

«Многоуважаемый К. Э. Циолковский! Интересуюсь вопросами межпланетных полетов и желая быть в будущем чем-нибудь полезным в этой области, прошу Вас не отказать мне в просьбе дать указание, где я могу найти Ваши, на первое время хотя бы самые элементарные работы, так как здесь, в Москве, я ничего не смог найти. Очень извиняюсь за доставленное Вам беспокойство. Уважающий Вас Блохинцев Дмитрий, 15 мая 1925 г.».

Непредвидено для меня Константин Эдуардович ответил буквально на следующий день: «16 мая 1925 г. Могу выслать Вам несколько книг наложенным платежом на три рубля, а пока посылаю Вам бесплатно «Монизм Вселенной». Эту книгу я не продаю, так как ценность ее беспредельна и неловко брать гриневник за бесконечность. Калуга, ул. Жореса, 3. К. Циолковский. На возражения ответ печатный будет».

К. Э. Циолковский прислал мне свои философские произведения, оказавшие на меня глубочайшее впечатление. Переписка с К. Э. Циолковским дала мне не только толчок к дальнейшему увлечению идеей космического полета, но и приобщила меня к его морально-этическим взглядам, к его мировоззрению, в основе которого лежало преклонение перед Вселенной и ее гармонией. С юных лет ощущение и сознание того, что мы, люди, являемся частью Вселенной, частью ее Красоты и Тайны — мировосприятие, которым я обязан К. Э. Циолковскому, не покидало меня.

Прочитав «Монизм», я пришел в такое состояние, что сразу же начал сочинять стихи Циолковскому:

Спасибо, чудак седовласый,  
Ты воскресил мои мечты...

Но послать их, конечно, не решился, а просто написал ему: «Вы говорите о вечной, сложной жизни космоса. Я не вижу тут и доли мистики. Ничего, кроме научного знания. Вы заставляете человека жить сознанием космоса, повергаете его в восторг от созерцания бесконечной жизни мира. Вы правы, знание жизни Вселенной, понимание себя как ее части дает Человеку радость и спокойствие. Одно лишь вырывается по прочтении Вашей книги: к знанию, к светлому великому будущему Человека!..»

Циолковский придал этим моим словам большое значение. Сначала он опубликовал их в книге «Причина космоса», вышедшей уже в августе 1925 года, в которой разъяснял ряд положений «Монизма», а затем и во втором издании «Монизма» в 1931 году в специальном разделе, в котором привел отклики, вопросы и возражения читателей и свои ответы на них.

Сразу присланная мне «Причина космоса» вызвала у меня ряд возражений, существенно инспирированных моими тогдашними скептицизмом и крайней антирелигиозностью. Я отправил в Калугу большое письмо:

«Многоуважаемый Константин Эдуардович!

По получении присланной Вами брошюры «Причина космоса», за которую приношу Вам сердечную благодарность, у меня возник ряд несогласий с Вами. Конечно, вопрос о причине космоса далеко не праздный: искать причины — свойство человека. Многолетним, случайным и рациональным опытом человек убедился, что без причины ничего не происходит. Есть ли, может ли быть причина космоса? Всякое явление, протекающее на наших глазах, есть явление прежде всего в космосе, и, ища причину, мы находим ее в том же космосе, у нас есть аршины для измерения этих явлений, для суждения о них, то есть, иными словами, явления, замечаемые нами, прошедшие и настоящие, того же порядка, что и причины. Если человек создал автомобиль, то хотя человек и сложней автомобиля, но оба они соизмеримы.

Вселенная бесконечна, но имеет измерения, пространство, время, силу и т. п. Причина космоса, как Вы сами подтверждаете, видимо, совсем иного порядка, она имеет свойство создавать и разрушать то, что, согласно установленным нами законам, не создается и не уничтожается. Наука говорит, что Вселенная бесконечна по времени, Вы же говорите, что это творение разума, субъективность, а почему же не субъективность признание причины Вселенной?

Видимо, судить об этом рано. Разве можно говорить о причине явления, не уяснив себе сам механизма явления: ведь наши познания о космосе далеко еще не полны.

Нельзя измерить расстояние пудами, а вес аршинами, и Вы, следуя неизбежности, отнимая от причины материальность и все ощутимые свойства космоса, придаете ей свойство разума, милосердия, высшей любви, то есть все те свойства, которые объективно не существуют в космосе (в источнике наших знаний), но являются лишь нашими, человеческими, вполне субъективными понятиями. Все наши познания имеют началом опыт, и на основании этого же опыта Вы строите свои соображения о причине космоса, но из опыта никогда и никто еще не познавал существования воли, разума, духа и т. п., не связанных с ощутимыми вещами в широком смысле слова. Я не

отрицаю разума космоса, но считаю его бессознательным (то есть, употребляя термин «Разум космоса», я понимаю его не в таком смысле, как, скажем, понимают «разум» в общежитии, говоря о разуме человека). Вы говорите даже о цели, которую имела причина, этого я совсем не могу принять; с моей точки зрения, слово «цель» существует только для удобства изъяснения, объективно же цели не существует: ни одна причина не имела цели, но всякая цель — причину. Признать существование причины, непознаваемой причины, я никак не могу, мир не имеет начала не так, как его не имеет кольцо, которое гоняют по улице малыши, а как кольцо бесконечно большого радиуса. Я материалист, и с моим материализмом не вяжется нематериальная причина космоса. 19–20/IX 1925 г. Д. Блохинцев.

P. S. Буду просить Вас объяснить мне (что я не уяснил себе из вашей брошюры «Исследования миров. простр. реакт. приборами»), куда девается пропадающая энергия газов в ракете (не учитывая тепловую потерю). Так, с моей точки зрения, имеет место следующее уравнение:

$$\frac{M_2 c^2}{2} = \frac{M_1 c^2}{2} \left( \ln \frac{M_0}{M_1} \right)^2 + \rho,$$

где  $M_2$  — масса взорв. газа,  $c$  — его скорость,  $M_1$  — масса ракеты и  $\rho$  — исчезнувшая бесполезно энергия.  $M_0 = M_2 + M_1$ . Чему равно  $\rho$ ?

Константин Эдуардович ответил письмом от 28 сентября:

«Москва, 1-я Гражданская, д. 8, кв. 4, Д. Блохинцеву.

По таблице Вы видите, что только часть энергии газов передается ракете (не более 60%). Остальная часть остается у движущихся продуктов горения. Скорости этих выбрасываемых частиц (абсолютные, не относительно ракеты) в каждый момент различны. Интеграл их кинетической энергии и составляет пропавшую часть — не меньшую 30%.

Я предупреждал читателя, что рассуждения о причине — философия отчасти, и потому доказать ее строго научно невозможно. Очень благодарен Вам за письмо, я перечитал его раз десять и еще буду читать. Оно послужит мне материалом для других работ. Субъективны не космос и причина, а представления о них. Поговорим, вероятно еще о В. письме. С совершенным уважением. К. Циолковский».

Обещанный «разговор» состоялся в брошюре К. Э. Циолковского «Образование солнечных систем и споры о причине космоса», вышедшей в Калуге в том же 1925 году. Возникшая у нас дискуссия отражена в ней так:

Д. Б. (из моего следующего письма): «Из Вашей же книжки видно, что причина имеет мало общего с космосом, и я ничего против этого не имею. Но Вы отнимаете от нее материальность, с чем я, как материалист, примириться не могу. Непонятно также, как Вы можете ей приписывать свойства космоса, хотя бы и в высшей степени, раз она нематериальна».

Ответ (К. Э. Циолковского):

«Дело не в материальности и не в обратном. Вы можете основу Вселенной и ее причины называть энергией (как Освальд), материей (как Бюхнер), мыслью (как Платон). Тут разница в словах, а космос остается космосом, с его законами, определенными наукой. Суть в том, что мы на основании

фактов должны признать за причиной свойства творимого в высшей степени плюс нечто, не имеющееся во Вселенной.

Вас смущает субъективность таких слов, как скромность, разум, доброта и т. п. Но ведь все, исходящее от человека, субъективно; конечно, и его понятия о причине. Только самая сущность мира и его причины — не субъективность. Эти понятия представляют сложные продукты Вселенной. Человек не может без них обойтись, пока он Человек. Надо помнить изречение одного из героев Чехова: все относительно, приблизительно и условно.

Так, абсолютная (и это понятие условно) величина космоса может быть известна и приравнена к нулю и к бесконечности, смотря по тому, с чем мы ее сравниваем. Она может быть просто пылинкой в сравнении с ее причиной, как одна бесконечность может быть нулем по сравнению с другой, высшей. Эта высшая также нуль по отношению к третьей, еще более высокой. Вспомните прогрессирующие математические ряды».

Теперь я глубже понимаю Циолковского, чем в те юношеские годы, и менее готов с ним спорить: для меня он явился откровением, и поэтому спор с ним был бы с моей стороны кощунством. Теперь я понимаю, почему, обосновывая необходимость понятия о причине космоса, К. Э. Циолковский, споря с теми, кто отождествляет причину космоса с самим космосом, с самой Вселенной, говорит:

«...Но тут возникают вопросы: отчего Вселенная дала добро, а не зло, отчего она такая, а не другая? Ведь можно вообразить другой порядок, другое строение, другие законы природы!»

(Добавим от себя: Вселенная могла бы и не существовать.)

К. Э. Циолковский верил в то, что «величайший разум господствует в космосе, и ничего несовершенного в нем не допускается».

Он приписывает причине космоса многие антропоморфные черты. Поэтому его понятие о «причине» во многих отношениях не менее наивно, нежели понятие о божестве в большинстве религий. Это несколько шокирует меня и сейчас, но несущественно: есть понятия, для выражения которых не хватает слов. Разумнее говорить о божестве как об интегральном символе всего благонамеренного к человеку, и о сатане — как о символе всего недоброжелательного, античеловеческого. Так или иначе важна глубокая вера Циолковского в разумное устройство мира, в его гармонию и его благонамеренность по отношению к человеку, ко всему живому.

Циолковский правильно отмечает, что человек не может обойтись без понятия о причине космоса и без веры в ее благонамеренность, «пока он Человек». Причина космоса непостижимо превосходит сам космос и составляет его тайну, но она благонамеренна.

Это убеждение в красоте и гармонии мира, в благонамеренности его тайны оставляет и теперь меня поклонником идей Циолковского, его мировоззрения: именно он впервые приобщил меня к пониманию величия мира.

Позже я узнал, что это же отношение к миру украсило жизнь и другого замечательного человека — П. Кропоткина, который писал:

«...Я увлекся, в особенности в последний год пребывания в корпусе, чтением по астрономии. Никогда не прекращающаяся жизнь Вселенной, которую

я понимал как жизнь и развитие, стала для меня неистощимым источником поэтических наслаждений, и мало-помалу философией моей жизни стало сознание единства Человека с природой, как одушевленной, так и неодушевленной».

В юности я со своим товарищем сделал самодельный телескоп. В морозные ночи, восхищенные зрелищем, мы ловили дрожащие звезды и спокойные планеты.

Головокружительно сокращались расстояния. Редели звезды. Мы как бы влетали в космос, устремленные то к Луне, то к Марсу. Границы, отделявшие нас от мира, становились зыбкими, и мы чувствовали музыку небесных сфер, от которой захватывало дух и сладко щемило сердце. Прошло много лет. Увлекшись физикой, я оставил ракеты. Памятью о них сохранились письма К. Э. Циолковского, мои протоколы, чертежи 1923–1925 годов.

Но никогда не покидало меня чувство высокой радости от созерцания ясного ночного неба, и никогда не забывал я романтическую марсианку Аэлиту...

### ВСТРЕЧА С ГЛАВНЫМ КОНСТРУКТОРОМ

С людьми, продолжавшими работать над ракетами, мне не пришлось встретиться до открытия космической эры. Мы не знали друг друга, и пути наши не пересекались.

Аэлита вновь позвала меня в разгар великой атомной эпопеи.

У меня сохранились давнишние расчеты ракеты, движимой энергией радиа. Но почему бы не использовать могучую энергию урана, ту самую, что привела в движение турбину первой в мире атомной электростанции?

Принципиальная возможность была ясна — практическая реализация требовала огромной работы, начиная от выбора варианта до испытаний образцов двигателей... Эта работа была, конечно, не под силу одному человеку.

Вспоминаю эпизод... Из-за стола встает человек среднего роста, плотный, с широко и глубоко посаженными темными глазами. Казалось, он смотрит откуда-то издалека, со стороны, спокойным умным взглядом. Что же он скажет? Он возражает: «параметры неутешительны».

Он берет логарифмическую линейку, что-то вычисляет...

«Расчет тоже неверен...»

«Позвольте, в чем же? Я знал эту формулу еще в четырнадцать лет! Я не мог ошибиться. В Вашем утверждении какое-то недоразумение...»

В садике роз, перед большим зданием, я прощался с ним:

«До свидания, “могильщик” атомной энергии».

Он: «До свидания, “марсианин”».

К счастью, это не было последним «прости». Позднее я встречал больше сочувствия, понимания и дружелюбия.

С гордостью за нашу науку и технику, за первых героев космоса он показывал мне тот обгоревший шарик, на котором возвратился на Землю Юрий Гагарин после своего исторического полета. Более того, он позволил мне залезть в него и в шутку сказал: «Хотите, и Вас запустим в космос, только не нервничайте и не дергайте вот эти красные ручки. Вас и так

вернем». Это было после полета Валентины Терешковой. «Ее полет произвел огромное впечатление на американцев. Они поняли, что раз мы решились отправить в космос женщину, значит, наши корабли очень надежны!» — сказал тогда Сергей Павлович Королев.

Большой болью отозвалась его преждевременная смерть. Он был на месте — энтузиаст, талантливый инженер, отличный организатор. Я всегда думаю, что время само выбирает себе людей для исполнения своих свершений.

## КОСМИЧЕСКИЙ КОРАБЛЬ — ЗЕМЛЯ

Ночь. Я не могу оторваться от иллюминатора. Неведомая бездна океана сливается с чернотой неба. Оно заполнено тонкой пылью звезд. В этой космической пыли висит одинокий, ослепительно светлый диск Луны. Я не вижу и не чувствую никаких расстояний. Пустыня космоса. В пустыне маленький самолет, и в нем несколько десятков людей, объединенных общей судьбой. Тогда родилось то, о чем хотелось сказать людям нашей Земли. И случай пришел.

Январь 1969 года. США, Майами, Рочестер. Огромный банкетный зал заполнен учеными, собравшимися на конференцию по физике высоких энергий. Среди всех — знаменитые Дирак, Вигнер, Уиллер, Корсуногло, Зварыкин. Стол спикеров. Скучная речь председателя атомной комиссии, какие-то еще профессиональные речи с шутками на тему о квантовой механике... И вот моя очередь. Я знал — скучу не простят. Еще в большей степени не простят мне, представителю Советского Союза, пустоту.

«Леди и джентльмены!

Прежде всего я хотел бы поблагодарить наших хозяев, и особенно профессора Р. Маршака, за исключительно теплый прием, оказанный нашей советской делегации. Сейчас, когда конференция подходит к концу, мы сознаем, что узнали много новых вещей и что эта конференция — новый шаг в нашем проникновении в загадочный мир частиц. Мы надеемся и в будущем иметь много подобных встреч, которые помогут нам открыть и понять новые вещи и идеи.

Но эти встречи имеют и другую сторону. Здесь я прочел в газетах: «Физики игнорируют напряженность в мире». Я думаю, что иного от настоящих ученых трудно было бы и ожидать. Это объясняется тем, что наша планета становится все меньше и меньше: в 1957 году нам потребовалось около 20 часов, чтобы долететь до вашего континента. Сейчас потребовалась только половина этого времени. И я думал в самолете, что мы, все люди этой планеты, не что иное, как пассажиры маленького космического корабля, летящего в темном и мрачном пространстве. Я должен напомнить Вам, что никто не знает ответа на такой простой вопрос: откуда и куда мы летим. Глупо и безрассудно ссориться в этой ситуации. Я могу Вас уверить, что наш народ, строящий новое общество, верит, что не только «существование», но и настоящая дружба между нашими народами реальны, возможны и необходимы. Поэтому я предлагаю тост за сотрудничество в развитии человеческого познания и за мир и дружбу в нашем космическом корабле, имя которому «Земля».

Так родилась «теория космического корабля».

На следующий день рочестерская газета сообщила: «Ведущий советский ученый сказал прошлым вечером, что «это полная бессмыслица и сумасшествие — ссориться народам мира. Доктор Дм. Блохинцев из Дубны вызвал непроизвольный взрыв аплодисментов в мировом обществе физиков своим замечанием. Его спич на обеде произвел такое впечатление, что Р. Маршак, президент конференции, и председатель Атомной комиссии Д. Коун попросили копии этого спича».

Вернувшись в Москву, я поклонился на площади Пушкина великому поэту за то, что он учил нас «глаголом жечь сердца людей...»

### ЗА ВЕЛИКИХ ЛЮДЕЙ НА МАЛЕНЬКОЙ ЗЕМЛЕ!

Путь в космос проложили русские люди. Им и первая слава! По нашему пути пошли американцы, представители других народов. И теперь, когда людям удалось увидеть этот корабль — Землю — издалека, мысль о малости Земли становится почти тривиальной. Известно, что командир «Аполлона-8» Фрэнк Борман, смотря на голубую Землю, сказал: «А ведь это совсем небольшой глобус». И он был прав. Она мала, наша планета, наш «Ноев ковчег», плывущий в потоке космического мрака, в неосязаемой пустоте.

Много, много на Земле еще «бесстрашных» людей, готовых взорвать наш космический корабль, лишь бы доказать правоту своей доктрины или преимущества своей «системы порядка».

Бесстрашных? Скорее, попросту безответственных, тупых и слепых.

Полет Юрия Гагарина, других космонавтов вокруг Земли, полеты «Аполлона» к Луне — великое достижение человеческого разума и человеческой воли. Их главное значение не в технических успехах и даже не в научных открытиях, а в той революции в головах, которая становится неизбежным следствием внедрения в психологию людей понимания малости земного шара, затерянности и одиночества его в космическом пространстве.

Ускорение полетов над Землей, переход к полетам на сверхзвуковых самолетах будут способствовать этой психологической революции...

Вспоминаются пророческие слова Тараса Шевченко, которые можно прочесть в Каневе, на его могиле:

«Великий Фултон! И великий Уатт! Ваше молодое, не по дням, а по часам растущее дитя в скором времени пожрет кнуты и короны, а дипломатами и помещиками только закусит... То, что начали во Франции энциклопедисты, то довершит на всей планете ваше колоссальное, но гениальное дитя. Мое пророчество несомненно».

Применяя эту замечательную мысль Т. Шевченко к нашему времени, следует сказать: «Сверхзвуковые самолеты, космические корабли, телевидение и радиосвязь сметут преграды, разделяющие людей по их расовым, национальным и классовым признакам, по их религии или их лженауке».

Они сметут жрецов догматизма и человеконенавистничества. Всех тех, кто будет противостоять объединению людей на основе разума и понимания единства целей людей, обреченных скитаться в космосе на небольшом космическом корабле «Земля».

Мы раскрыватели тайн, мы будем заглядывать во все уголки Вселенной, чтобы узнать и понять. Наше знание нарастает со скоростью цепной реакции. Оно основа нашего могущества.

Но ощущение нашего родства со всей Вселенной, вера в ее одухотворенность и благонамеренность по отношению к человеку, преклонение перед ее гармонией и красотой всегда было и будет ничем не заменимым душевным богатством людей. Только такое взаимоотношение с окружающим миром способно дать человеку ощущение своей значимости, выходящей за пределы бессмысленной и скучной поденщины.

Отношение Циолковского к природе — это отношение почти (здесь я не побоюсь употребить это слово в положительном смысле) религиозное. Это преклонение.

Я и после встречался с другими такими же людьми. Я обещал рассказать только об одном человеке, но не удержался и вспомнил Королева. И теперь мне трудно удержаться, чтобы не напомнить имя еще одного человека, который оказал на меня очень большое влияние. Это Игорь Васильевич Курчатов.

В моем возрасте ясно видишь прошедшее и трезвее оцениваешь будущее. Поэтому я хочу пожелать молодежи держаться поближе к таким «флюоресцирующим» людям.

## 38

### 50 ЛЕТ СОВЕТСКОЙ НАУКИ\*

Рождение нашего государства связано с именем Владимира Ильича Ленина. С его же именем связано и становление нашей науки. В самое трудное для страны время, в эпоху гражданской войны, в эпоху военного коммунизма Владимир Ильич Ленин постоянно уделял большое внимание науке.

Тогда речь шла о простом: сохранить ученых, помочь им. Максим Горький, насколько я знаю, принимал в этом деле самое активное участие. Была создана комиссия по содействию ученым, которая работала потом многие годы. Ее деятельность, конечно, была особенно важна в тот трудный для нас период.

В те же трудные времена началась организация институтов. Это мне кажется очень знаменательным и характерным для нашей страны. На моей памяти такое повторялось дважды, когда в трудное время предпринимался шаг, который мог бы показаться несвоевременным ни для становления нашей науки в те годы, ни для проблемы мирного использования атомной энергии в 1945–1966 гг.

В первые же годы Советской власти Лениным был выдвинут лозунг: «Социализм есть советская власть плюс электрификация всей страны». В то же очень тяжелое время создается и знаменитый план ГОЭЛРО, который как-то сразу открыл путь, перспективу для науки и техники. Начали создаваться институты. Вот те из них, которые мне ближе. ЦАГИ — Центральный аэрогидродинамический институт, сыгравший огромную роль в развитии нашей авиации и гидродинамической науки. В тот же период была создана Военно-воздушная академия имени Жуковского, которая имела не только чисто военное, но и большое техническое и научное значение.

Помню, когда я был подростком, в ЦАГИ мне приходилось иметь дело с аэросанями, мотоциклами — дело, как видите, стояло не на очень высоком уровне. Самолеты пошли уже несколько позднее.

В Ленинграде по инициативе Абрама Федоровича Иоффе был создан Физико-технический институт, создан Оптико-механический институт, в котором с самого начала работали такие люди, как Дмитрий Сергеевич Рождественский, Сергей Иванович Вавилов. Отсюда пошла вся наша оптическая промышленность. Был создан Радиевый институт, возглавляемый

---

\* Фонограмма выступления на общем собрании ЛТФ ОИЯИ в 1967 г. Труды семинара, посвященного 75-летию со дня рождения Д. И. Блохинцева (Дубна, 23 января 1983 г.). ОИЯИ, 85-570. Дубна, 1986. С. 18–20.

В. Г. Хлопиным. Работали в Ленинграде такие теоретики, как Яков Ильич Френкель, Александр Александрович Фридман, работы которого мы все знаем — они и сейчас имеют большое значение. На заводе «Светлана», где мне пришлось делать дипломную работу, была создана лаборатория под руководством С. А. Векшинского. Собственно, она была прекрасным исследовательским институтом, хотя и небольшим по тогдашним масштабам, но от которого пошла вся наша ламповая радиотехника. В частности, мне была поручена работа, в которой надо было узнать, чем покрыт волосок данной лампочки. Эта лампочка была единственной.

Тесная связь науки с техникой в то время была очень характерной чертой. Развивались физика твердого тела, теории электрического пробоя, тонкослойной изоляции, прочности, физика полупроводников и другие аналогичные направления. Это было естественно и находило отклик ученых. Поэтому понимание техники и любовь к ней остались у многих людей того поколения. Впоследствии это оказалось очень важно. Такие люди, как Игорь Васильевич Курчатов, Анатолий Петрович Александров, возглавлявшие Институт атомной энергии, Исаак Константинович Кикоин и многие другие, кто вышел из Ленинградского физико-технического института, прекрасно понимали инженерное дело. Именно благодаря этому в военное и послевоенное время удалось решить, как вы знаете, очень важные для нашей страны проблемы. Замечу кстати, что ведь и первый наш Физический институт назывался физико-техническим. Из него вышли Харьковский физико-технический институт и ряд других.

Что происходило в Москве? Здесь центром были физический факультет МГУ и вновь созданный Физический институт. В отличие от Ленинграда, где обстановка была менее острой, в Москве произошло столкновение, разделение на группы: с одной стороны, 19-й век — Аркадий Климентьевич Тимирязев (сын «большого» Тимирязева, которого вы все хорошо знаете), Кастерин, Глаголева-Аркадьева, Яковлев, Младзивский, которые были явно воспитаны в традициях прошлого столетия; с другой — ученые нового, 20-го века, которых представлял Петр Петрович Лазарев (он был уже немолодой человек, биофизик), несколько позднее появились Сергей Иванович Вавилов, Леонид Исаакович Мандельштам, получивший образование в Европе, Игорь Евгеньевич Тамм, Борис Алексеевич Введенский и другие.

Кстати сказать, сам 19-й век был тогда очень нам близок. Даже поразительно, как близок. Например, недавно перелистывая Толстого, я обнаружил, что Константин Левин читал «Теплоту» Тендаля. Мы ведь тоже очень серьезно читали этот учебник; учились по учебнику Краевича, в котором об атомах говорилось так: на полутора страничках петитом излагалась атомная гипотеза. (Хорошо помню, что ударение стояло именно так!)

В этой связи веков были и положительные стороны. Вот что писал о себе Климент Тимирязев (старший Тимирязев): «Для меня лично наука была все. К этому чувству не примешивалось никаких соображений о карьере. Не потому, что я находился в особо благоприятных условиях. Нет, я сам зарабатывал на свое пропитание. Просто мысли о карьере, о будущем не было в голове. Слишком она была полна наукой».

Мне довелось встречать много таких людей. Например, Владимира Константиновича Аркадьева, его супругу Александру Андреевну Глаголеву-Аркадьеву. Мы у них начинали работать еще студентами. У нас было впечатление, что эти люди занимались наукой буквально как дети, т. е. искренне, увлеченно. Иногда они просто развлекались. Помню, они сами сделали рентгеновскую трубку. И для них было большим удовольствием показать студентам, что такое рентгеновская трубка: можно на нее положить руку и видеть все кости. Развлекались чувствительным пламенем, которое реагирует на звук. Конечно, это были просто развлечения. Но этими людьми, надо сказать, были сделаны очень хорошие работы по магнетизму, по спектру волн.

Так что если спросить, что было особо характерным для выдающихся людей того времени, я бы ответил: «Их принципы и их поступки не противоречили друг другу. Это, пожалуй, была наиболее характерная черта, которая приводила к некоторому равновесию между разумом и эмоциями...»

## 39

### ИМПУЛЬСНЫЙ «БЫСТРЫЙ»\*

В середине 50-х годов в Обнинске обсуждалось строительство реактора постоянного потока нейтронов для экспериментов в пучке нейтронов, в основном, для нейtronной спектроскопии. Этот реактор должен быть снабжен селектором для работы по «методу пролета».

Вся эта идея мне показалась весьма несуразной: строить реактор большой мощности и затем использовать лишь ничтожную часть этой мощности в виде коротких импульсов, посылаемых селектором — прерывателем пучка. Ведь при вращении селектора большую часть времени пучок перекрыт. Он открывается лишь на коротковремя, пока щель пересекает пучок. А не разумней ли, осенила меня мысль, заставить работать реактор импульсами, периодически разжигая в нем цепную реакцию? Тогда отпала бы необходимость в селекторе, но самое главное преимущество заключалось бы в том, что реактор мог бы иметь совсем небольшую среднюю мощность и очень большую — в коротком импульсе, в течение которого и производится измерение.

Тогда я предложил идею построить реактор, в котором мощность в импульсах не уступала бы мощности самых мощных реакторов постоянного неимпульсного действия — и который бы почти не расходовал дорогое атомное топливо — плутоний.

Механизм осуществления импульсов, предложенный мною, был крайне прост — модулирование реактивности предполагалось осуществить вращением диска, содержащего делящееся вещество (уран-235).

Отсюда и возникла конструкция такого реактора: он должен состоять из двух частей — основная часть его активной зоны А должна быть неподвижной, другая часть, Б, закрепляться в быстро вращающемся диске — роторе. Когда Б при вращении ротора проходит мимо А, реактор становится сверхкритичным, в нем развивается мощная цепная реакция, которая, однако, тотчас же затухает, поскольку Б удаляется от А.

Эта идея очень понравилась участникам дискуссии. Мы начали подробные расчеты. Реактор назвали «Импульсный быстрый реактор» (ИБР).

Была разработана теория этого реактора в Физико-энергетическом институте, в отделе А. И. Лейпунского, талантливым, рано ушедшим из жизни физиком И. И. Бондаренко. Группа О. Д. Казачковского взяла на себя разработку конструкции реактора, системы управления им, аварийной защиты, необходимые физические расчеты. Не обошлось и без содействия нашего тех-

\* Газета «Вперед» (г. Обнинск) от 11 января 1983 г.

нолога В. А. Малых, который разработал способ крепления урана в стальном вращающемся диске. Сам диск и система его привода были разработаны под руководством выдающегося инженера Г. Е. Блохина.

В 50-е гг. передний фронт физики перемещался из области ядерной физики в физику элементарных частиц. В это время И. В. Курчатов обратился ко мне с предложением принять на себя новую обязанность — пост директора Международного института, который по инициативе нашего правительства решили создать в Дубне. Были поддержаны мои предложения создать в Дубне две лаборатории: нейтронной физики и теоретической физики, а также построить в Дубне импульсный реактор на быстрых нейтронах (ИБР-1). Так реактор ИБР-1 я принес в ОИЯИ с собою в качестве «приданого».

Здесь уместно вспомнить, что руководство Государственного комитета по атомной энергии намечала строить в ОИЯИ реактор постоянного потока, большой мощности, для технических целей. Это предложение казалось мне несостоятельным, так как физики Дубны имели совсем другой профиль работы — их интересы концентрировались в области элементарных частиц. Для плодотворной работы по прикладной ядерной физике и ядерной технологии требовались модели другого профиля. Более того, потребовались бы совсем новые лаборатории («горячая», химическая, технологическая и т. п.). В сущности, надо было бы заново создавать нечто, подобное ФЭИ. Это совсем не укладывалось в реальные возможности нового института, который был предназначен, в основном, для исследований в фундаментальной науке.

Вот тут-то и родилась у меня мысль: вместо сооружения в новой нейтронной лаборатории мощного дорогостоящего, трудного в эксплуатации реактора постоянной мощности, установить импульсный реактор на быстрых нейтронах (ИБР-1), разрабатываемый нами в Обнинске, в Физико-энергетическом институте.

Мое предложение о строительстве ИБР было поддержано И. В. Курчатовым и принято руководством ГКАЭ в 1956 г. Реактор ИБР-1 был дополнен инжектором, тем самым существенно расширялись его возможности в области нейтронной спектроскопии.

23 июня 1960 года импульсный реактор ИБР-1 был запущен. Возглавляемая мной бригада по созданию и пуску ИБР-1 в основном состояла из сотрудников ФЭИ. Я был счастлив работать с обнинцами, в атмосфере живого интереса, самоотверженного труда и дружбы, что позволило создать и запустить ИБР-1 в рекордно короткий срок.

Реактор ИБР-1 совершенно необычен и по внешнему виду, и по существу. Внешне он больше похож на мощный вентилятор, чем на реактор. По существу, это аппарат, производивший маленькие атомные взрывы. Тысячи раз в минуту.

Опыта управления таким реактором еще не было, и нужно было проявить большую осторожность, чтобы изучить все его повадки. Нас беспокоили отклонение хода реакции, опасность перехода из микромира в макромир. Одно время казалось, что умопомрачительный хаос микромира вот-вот ворвется в мир порядка, в макромир, и разрушит наши планы, а может быть, и нас самих. Беспокойно метались зеленые линии осциллографа: не было и следа

закономерности. Тогда я подумал о том, что, живи мы в микромире, наши нервы не выдержали бы подобного хаоса. Мы нуждаемся в некотором порядке: на Земле, в море, в атмосфере и в обществе. Ни одно живое существо не в состоянии выдержать слишком частых и резких перемен. Но все обошлось: с ростом средней мощности реактора законы больших чисел взяли свое — случайные отклонения стали относительно меньше, реакции стали спокойнее. Атомный котел стал управляем.

Да, ожил тяжелый металл, и теперь рвется самое сердце атомов. Сотни, тысячи, миллиарды нейтронов рождаются и вновь захватываются в ничтожные доли секунды: цепная реакция продолжается. Обуздан неистовый атом плутония.

Впервые в мире реактор заработал в сверхкритическом режиме. Мы как бы дразнили прирученную атомную бомбу тысячи раз в минуту. Огоньки пересчеток, красная линия самописца. Пулеметная трескотня анализаторов и ползучая лента тысяч чисел.

Позднее, вечером, пустили реактор на полную мощность. Набрали первый киловатт-час и пошли всей бригадой купаться на Волгу.

В эту теплую ночь впервые в Дубне рвались на части ядра плутония, которым был заряжен реактор.

Позднее реактор был усовершенствован, дополнен электронным ускорителем — микротроном. Это позволило сделать его импульсы значительно короче. Вместо десятков микросекунд только несколько микросекунд. Тем самым крайне повысилась точность измерений. Была поднята и его средняя мощность, сначала до нескольких киловатт, а позднее, в результате существенной реконструкции, она была доведена до 30 кВт (ИБР-30). В отдельных импульсах его мощность достигала огромных значений — десятков тысяч киловатт.

Реактор типа ИБР доказал свою управляемость и надежность. Он показал, что импульсный источник нейтронов является отличным орудием для разносторонних исследований по строению ядра, физики деления, физики реакторов, по изучению твердых и жидких тел и самого изучения нейтрона как элементарной частицы. На нем было выполнено большое число физических исследований с активным участием наших коллег из всех социалистических стран. Эти исследования позволили полнее представить себе структуру атомного ядра и изучить типы реакций. Были получены новые данные о структуре твердых и жидких тел; сотрудники ФЭИ уточнили важнейшее — коэффициент воспроизводства атомного топлива в реакторах-размножителях на быстрых нейтронах.

Позднее под моим научным руководством разработан проект более мощного импульсного реактора (ИБР-2), сооруженного и запущенного в 1977–1978 гг. в Дубне. Средняя мощность его превзойдет среднюю мощность ИБР-30, а в отдельных импульсах она возрастет до колоссальных значений — около 700 000 кВт! Пуск этого реактора дает новые возможности интернациональному коллективу ученых Объединенного института ядерных исследований для изучения атомного ядра, элементарных частиц и структуры твердых и жидких тел.

Следуя опыту дубненских и обнинских ученых, реакторы типа ИБР сооружаются сейчас в Японии и Индии.

Датский физик Нильс Бор, посетивший Дубну, и, в частности, Лабораторию нейтронной физики, очень заинтересовался простотой идеи, положенной в основу периодически действующего импульсного реактора, и сказал: «Я восхищен мужеством людей, решившихся на сооружение такой замечательной установки!»

## **40**

### **ЗАРУБЕЖНЫЕ НАУЧНЫЕ КОМАНДИРОВКИ Д. И. БЛОХИНЦЕВА**

Год, месяц	Страна, город	Название мероприятия (конф.), цель участия и тема выступления (доклада)
1955, август	Швейцария, Женева	Зам. руководителя советской делегации на Первой Международной конференции по мирному использованию атомной энергии, доклад Д. И. Блохинцева «Первая атомная электростанция СССР и пути развития атомной энергетики»
1955, август	Англия	Участие в Международной конференции по физике частиц высоких энергий
1956, июнь	Швейцария, Женева	Руководитель советской делегации ученых на симпозиуме ЦЕРН по ускорителям высоких энергий и пионной физике. Доклад «Об образовании мезонов в соударениях нуклонов высоких энергий»
1957, май	ЧССР, Прага	Участие в праздновании 250-летия Высшей технической школы в Праге. Присвоение Д. И. Блохинцеву звания Почетного доктора технических наук Высшей технической школы. Выступил с докладом «Мирное применение атомной энергии»
1957, июнь	ПНР, Варшава, Краков	Посещение институтов ядерных исследований в Варшаве и Кракове, выступление с докладами на научных семинарах
1957, декабрь	США, Стенфорд	Участие в Стенфордской конференции по размерам ядер. Доклад «О структуре нуклонов»
1958, июнь–июль	Швейцария, Женева	Участие в Международной конференции по физике частиц высоких энергий. Доклад «Упругое рассеяние и внутренняя структура элементарных частиц»

Год, месяц	Страна, город	Название мероприятия (конф.), цель участия и тема выступления (доклада)
1958, декабрь	ВНР	Поездка в Венгрию по приглашению Венгерской академии наук
1959, апрель,	СРР	Поездка по приглашению Академии Румынии для выступления с лекциями
1959, сентябрь	КНР	Ознакомление с университетами КНР и чтение лекций об исследованиях, проводимых в Объединенном институте ядерных исследований
1960, август	США, Рочестер	Руководитель делегации ОИЯИ на Международной конференции по физике частиц высоких энергий. Доклад «Новый функциональный метод в теории поля»
1960, сентябрь	США, Беркли	Участие в Международной конференции по приборам в физике частиц высоких энергий
1961, июнь	Швейцария, Женева	Участие в конференции по теоретическим вопросам физики сверхвысоких энергий. Избран вице-президентом Международного Союза чистой и прикладной физики (ИЮПАП) при ЮНЕСКО
1961, сентябрь	НРБ, София	Доклады на научных семинарах и лекции о теоретических работах, ведущихся в ОИЯИ
1961, октябрь	Австрия, Вена	Участие в сессии Исполкома ИЮПАП
1962, июль	Швейцария, Женева, Франция, Париж	Участие в Международной конференции по физике высоких энергий. Доклад «Нелинейная теория скалярного поля»
1962, декабрь	ГДР, Берлин	Посещение научных центров, чтение лекций, обсуждение вопросов сотрудничества
1963, январь	Индия, Бомбей	Участие в сессии Исполкома ИЮПАП
1963, сентябрь	ПНР, Варшава	Участие в сессии Исполкома ИЮПАП
1964, июль	Франция, Париж	Участие в Международном конгрессе по ядерной физике, посвященном 30-летию открытия искусственной радиоактивности
1964, октябрь	ФРГ, Франкфурт-на-Майне	Участие в сессии Исполкома ИЮПАП

Год, месяц	Страна, город	Название мероприятия (конф.), цель участия и тема выступления (доклада)
1965, октябрь	Швеция, Стокгольм	Участие в сессии Исполкома ИЮПАП
1966, июль	ВНР, Будапешт	Обсуждение вопросов научного сотрудничества, чтение лекций, выступление на семинарах
1966, сентябрь	США, Беркли	Руководитель советской делегации на XIII Международной конференции по физике высоких энергий. Выступление в дискуссии по докладу М. Фруассара
1966, сентябрь	Швейцария, Базель	Участие в работе Генеральной ассамблеи ИЮПАП, избран Президентом ИЮПАП
1967, май	Италия, Триест	Чтение лекций. Доклад в Международном центре теоретической физики в Триесте «О макроскопической причинности»
1967, октябрь	Франция, Гренобль	Участие в сессии Исполкома ИЮПАП
1968, май	НРБ, Варна	Участие в Международном семинаре по теории элементарных частиц. Доклад «Почти локальная матрица рассеяния»
1968, август, сентябрь	Австрия, Вена, Семмеринг	Участие в XIV Международной конференции по физике высоких энергий и Международном семинаре по перспективам физики высоких энергий
1968, октябрь	ГДР, Берлин	Вручение диплома Почетного доктора математики и естествознания Университета им. Гумбольдта
1969, январь	США, Корал-Гейблс, Альбукерк	Участие в Международной конференции по фундаментальным взаимодействиям при высоких энергиях. Доклад «О простых релятивистских моделях адронов». Участие в Симпозиуме по импульсным реакторам
1969, сентябрь	СФРЮ	Участие в сессии Исполкома ИЮПАП. Участие в качестве председателя и докладчика на Международной школе физиков в Герцог-Нови
1970, июль	Швейцария, ЦЕРН	Обсуждение вопросов сотрудничества между ЛТФ ОИЯИ и Отделом теоретической физики ЦЕРН, чтение лекций по теоретической физике

Год, месяц	Страна, город	Название мероприятия (конф.), цель участия и тема выступления (доклада)
1970	Австрия, Вена	Участие в заседании научно-консультационного комитета при Генеральном секретаре ООН. Доклад в МАГАТЭ «Ленин в физике»
1970, сентябрь	Испания, Барселона	Участие в Генеральной ассамблее Международного совета научных союзов в качестве члена делегации ученых АН СССР
1970, октябрь	ГДР, Берлин, Халле	Участие в заседании АН ГДР «Леопольдина»
1971, март	США, Нью-Йорк	Участие от АН СССР в работе научно-консультационного комитета при Генеральном секретаре ООН
1971, сентябрь	Швейцария, Женева	Участие в работе IV Международной конференции по мирному использованию атомной энергии (доклад «Особенности конструкции и оптимизация модулятора реактивности реактора ИБР-2»), Международного семинара по перспективам развития физики высоких энергий и Совещания научно-консультативного комитета ООН
1972, май	Италия	По приглашению Президента Академии наук Дей Линчей посещение институтов физики и университетов в Риме, Фраскати, Триесте, Неаполе, Турине, чтение лекций по физике элементарных частиц, обсуждение планов дальнейшего сотрудничества
1972, октябрь	ГДР, Берлин	Чтение лекций по теоретической физике и обсуждение вопросов сотрудничества
1973, январь	США, Корал-Гейблс	Участие в Международной конференции по фундаментальным взаимодействиям. Доклад «Геометрия и физика элементарных частиц»
1973, июнь	ВНР	По приглашению Атомного комитета ВНР. Чтение лекций, обсуждение научных планов и вопросов сотрудничества
1974, сентябрь	СРР, Бухарест	По приглашению Атомного комитета СРР. Чтение лекций, обсуждение научных планов и вопросов сотрудничества

Год, месяц	Страна, город	Название мероприятия (конф.), цель участия и тема выступления (доклада)
1974, сентябрь	НРБ, Варна	Участие в Международной конференции по физике высоких энергий. Доклад «Существенно нелинейные поля и поляризация вакуума»
1975, сентябрь	Франция, Париж, Орсэ, Гренобль	Посещение научных центров, обсуждение вопросов теоретических и экспериментальных исследований в области физики высоких энергий, чтение лекций по структуре теории поля и нелинейной и нелокальной теориям
1976, январь	Япония, Токио	Участие в Международной конференции по нейтронной физике (проектирование, эксплуатация и применение импульсных реакторов)
1977, май	ЧССР, Прага, Братислава	Обсуждение вопросов сотрудничества и выступления на научных семинарах
1978, август	Япония, Токио	Участие в составе делегации ОИЯИ в XIX Международной конференции по физике высоких энергий. Председатель секции «Адронная спектроскопия и динамика сильных взаимодействий». Доклад «Флуктоны и передача большого импульса сложным системам»
1978, октябрь	ГДР, Райн-хардсбрунн, Берлин	Участие в работе Международного семинара по физике элементарных частиц; доклад «Кварки в квантованном пространстве». Чтение лекций в Университете им. Гумбольдта о проблемах пространства и времени в микромире

## **41**

### **ОСНОВНЫЕ ДАТЫ ЖИЗНИ И ДЕЯТЕЛЬНОСТИ Д. И. БЛОХИНЦЕВА**

- 1908, 11 января Родился в Москве в семье студента Петровской сельскохозяйственной академии.
- 1925 Окончил Московский промышленно-экономический техникум.
- 1925–1926 Старший рабочий треста «Азвин», Москва.
- 1925 Переписка с К. Э. Циолковским.
- 1926–1930 Студент физического факультета Московского государственного университета.
- 1930–1933 Аспирант научно-исследовательского института физики (НИИФ) при МГУ по специальности «теоретическая физика».
- 1932 Первая научная публикация (совместно с И. Е. Таммом) «О работе выхода электронов из металла».
- 1933–1935 Старший научный сотрудник НИИФ МГУ и преподаватель физического факультета МГУ (курс квантовой механики).
- 1934 Защита кандидатской диссертации на тему «Некоторые вопросы теории твердых тел и в особенности металлов».
- 1934–1936 Преподаватель Академии пищевой промышленности, Москва (по совместительству).
- 1935 По результатам защиты кандидатской диссертации присуждена степень доктора физико-математических наук.
- 1935–1979 Профессор физического факультета МГУ.
- 1935–1937 Профессор, заведующий новой кафедрой теоретической физики физико-математического факультета Саратовского государственного университета.
- 1935–1950 Старший научный сотрудник Физического института им. П. Н. Лебедева АН СССР (основная работа).
- 1938–1940 Консультант Института физики, г. Киев.
- 1938 Избран членом-корреспондентом АН УССР.

1944	Вышла в свет книга «Введение в квантовую механику» — первый университетский учебник по квантовой механике.
1945	Награжден орденом Ленина.
1946–1979	Член редколлегии журнала УФН.
1947–1950	Сотрудник 9-го Управления МВД СССР (лаборатория «В», работы по атомной проблеме).
1949–1979	Заведующий кафедрой «Физика атомного ядра» физического факультета МГУ.
1950–1956	Директор лаборатории «В», преобразованной впоследствии в Физико-энергетический институт (г. Обнинск), руководство работами по созданию первой в мире атомной электростанции.
1952	Присуждена Государственная премия первой степени за университетский учебник «Основы квантовой механики». Награжден орденом Ленина.
1954	Награжден орденом Ленина. Награжден орденом Трудового Красного Знамени.
1955	Доклад на Первой международной конференции по мирному использованию атомной энергии (Женева).
1956	Присвоено звание Героя Социалистического Труда. Награжден орденом Ленина.
1956–1965	Первый директор Объединенного института ядерных исследований, г. Дубна.
1957	Присуждена Ленинская премия (авторскому коллективу: Блохинцев Д. И., Доллежаль Н. А., Красин А. К., Малых В. А.) за создание первой атомной электростанции в СССР.
1957	Избран почетным доктором технических наук Высшей технической школы в Праге.
1958	Избран членом-корреспондентом АН СССР.
1959	Избран почетным доктором Лейпцигского университета.
1960	Избран почетным членом Венгерской академии наук.
1960–1979	Научный руководитель работ по проектированию и созданию первых в мире импульсных реакторов на быстрых нейтронах ИБР-1 (1960 г.) и ИБР-2 (1979 г.).
1961	Присуждена первая премия ОИЯИ за цикл работ «Физика слабых взаимодействий при высоких энергиях» (в составе авторского коллектива совместно с М. А. Марковым и Б. Понтекорво).

1961	Организация филиала НИИЯФ МГУ в Дубне (совместно с академиками В. И. Векслером и С. Н. Верновым) с целью приближения учебного процесса к научным исследованиям.
1961–1966	Вице-президент международной организации «Союз чистой и прикладной физики при ЮНЕСКО».
1964–1979	Организация регулярных международных совещаний по квантовой теории поля.
1965	Избран членом академии «Леопольдина» (ГДР).
1965–1979	Директор Лаборатории теоретической физики ОИЯИ.
1966–1969	Президент международной организации «Союз чистой и прикладной физики при ЮНЕСКО».
1967	Член Научно-консультационного совета при Генеральном секретаре ООН.
1969	Избран почетным доктором Университета им. Гумбольдта (ГДР). Награжден Почетной грамотой Всемирного совета мира.
1970	Награжден орденом Кирилла и Мефодия первой степени (НРБ).
1971	Присуждена Государственная премия (в составе авторского коллектива) за цикл работ «Исследовательский реактор ИБР и реактор ИБР с инжектором».
1977	Награжден орденом Октябрьской Революции.
1979, 27 января	Скончался в г. Дубне Московской обл.
1996	Присуждена (посмертно) Премия правительства Российской Федерации в области науки и техники (в составе авторского коллектива) за работу «Высокопоточный импульсный исследовательский реактор ИБР-2».
2000	Учреждена стипендия имени Д. И. Блохинцева для студентов физического факультета МГУ.

Д. И. Блохинцев был членом Научно-технического Совета Госкомитета Совета Министров СССР по использованию атомной энергии, членом комитета по Ленинским и Государственным премиям СССР в области науки и техники при Совете Министров СССР, членом Советского Комитета защиты мира.

# **Часть V**

## **ВОСПОМИНАНИЯ О Д. И. БЛОХИНЦЕВЕ**

**42**

### **РЕЧЬ НА МИТИНГЕ, ПОСВЯЩЕННОМ ОТКРЫТИЮ МЕМОРИАЛЬНОЙ ДОСКИ Д. И. БЛОХИНЦЕВУ НА ЗДАНИИ ЛТФ ОИЯИ 11.01.1984**

*Н. Н. Боголюбов*

Товарищи!

Сегодня мы собрались здесь, чтобы в торжественной обстановке открыть на здании Лаборатории теоретической физики ОИЯИ мемориальную доску с барельефом выдающемуся советскому ученому, Герою Социалистического Труда, лауреату Ленинской и Государственных премий, члену-корреспонденту АН СССР Дмитрию Ивановичу Блохинцеву.

Здесь, в этом здании в течение последних пятнадцати лет своей жизни Дмитрий Иванович работал, возглавляя интернациональный коллектив теоретиков ОИЯИ.

Имя Дмитрия Ивановича Блохинцева неразрывно связано с развитием и успехами советской физики, с историей мирного атома, с разработкой методологических и философских проблем науки. В годы бурного развития советской атомной физики и ядерной энергетики Дмитрий Иванович становится одним из активнейших создателей и организаторов этих новых тогда областей науки и техники. С его именем и трудами связана Первая атомная электростанция, сыгравшая огромную роль в деле мирного использования атомной энергии. Им впервые высказана идея создания импульсных реакторов на быстрых нейтронах,

С 1956 года вся многогранная научная и организационная деятельность Д. И. Блохинцева протекала в Дубне. Здесь в 1956 году Дмитрий Иванович был единогласно избран директором созданного тогда Объединенного института ядерных исследований, объединившего усилия стран социалистического содружества в области изучения микромира.

На этом посту с новой силой проявились замечательные качества этого выдающегося ученого и организатора науки. За период пребывания Дмитрия Ивановича на посту директора институт превратился в крупнейший научно-исследовательский центр, завоевавший своими исследованиями высокий авторитет и международное признание. Неоценим личный вклад Дмитрия Ивановича в физическую науку. Его выдающиеся работы в области кванто-

вой теории твердого тела, акустики и физики элементарных частиц вошли в сокровищницу мировой науки.

Огромную роль в воспитании молодого поколения советских физиков сыграли учебники и монографии Дмитрия Ивановича. Он заслужил любовь и глубокое уважение как замечательный педагог, открывший путь к самостоятельному творчеству многим известным ученым нашей страны.

Светлая память о Дмитрии Ивановиче Блохинцеве будет вечно жить в сердцах тех, кто знал его и работал вместе с ним.

## 43

### ДМИТРИЙ ИВАНОВИЧ БЛОХИНЦЕВ – ОРГАНИЗАТОР И ПЕРВЫЙ ДИРЕКТОР ОИЯИ\*

*В. Г. Кадышевский*

Открывая эту конференцию, я хотел бы прежде всего отметить, что Дмитрий Иванович сделал очень много еще до того, как организовал и возглавил ОИЯИ. Он был талантливым ученым и крупным специалистом как в фундаментальных, так и в прикладных областях физики, блестящим инженером, выдающимся организатором, осуществлявшим масштабные научно-технические проекты. Он был одним из организаторов и первым директором Физико-энергетического института в Обнинске, где была спроектирована и построена первая в мире атомная электростанция. Это было событие поистине всемирного значения, ибо впервые на практике была показана возможность и экономическая целесообразность получения электрической энергии на основе использования энергии расщепления атомного ядра.

Вспоминая о Дмитрии Ивановиче, невозможно следовать заранее подготовленному тексту, и, с вашего разрешения, я отвлекусь... Вспоминаю газеты июня 1954 года, пестрящие сообщениями о запуске первой в мире атомной станции в СССР. В то время я, окончив Суворовское училище, находился в военном лагере и планировал продолжать свое военное образование. Но эта информация так подействовала на меня, что я понял: следует поступать только в Университет.

Позже на физфаке МГУ я посещал лекции Дмитрия Ивановича, которые всегда привлекали многих слушателей. В 1956 году, когда был организован ОИЯИ, один из преподавателей физфака сказал мне: «Попробуйте попасть в Дубну, Москва — это уже научная провинция». И я внял этому совету.

Попав в ОИЯИ, я общался с Д. И. Блохинцевым уже в начале своей работы, несмотря на то, что был тогда всего лишь молодым научным сотрудником. Изумляла широта научных интересов Дмитрия Ивановича: мировой авторитет в области акустики, квантовой механики, физики реакторов... Его знаменитый и популярный учебник по квантовой механике, изданный во время войны (1944 год) на плохой бумаге, выдержал затем 22 издания на 9 языках. Недавно побывавший в ОИЯИ профессор В. Блюм, зять знаменитого В. Гайзенберга, рассказывал мне, что Гайзенберг оценивал книгу Дмитрия Ивановича как один из лучших учебников по квантовой механике. Для

\* Труды XII Международной конференции по избранным проблемам современной физики, посвященной 95-й годовщине со дня рождения Д. И. Блохинцева (1908–1979), Дубна, 8–11 июня 2003 г. Дубна: ОИЯИ Д1,2-2003-219, 2003. С. 17.

многих физиков эта книга до сих пор остается настольной: так много в ней ценного и важного для постижения квантовой механики.

Имя Блохинцева неразрывно связано с созданием в нашем Институте первых в мире импульсных реакторов (ИБР). Сегодня на его детище реакторе ИБР-2 ведутся интереснейшие эксперименты учеными из многих стран мира.

Велика заслуга Дмитрия Ивановича в подготовке научных кадров. С 1935 года он преподавал в МГУ, был неразрывно связан с этим университетом, где прочитал ряд фундаментальных курсов. Он же явился одним из инициаторов и организаторов филиала НИИЯФ МГУ в городе Дубне, где была освоена новая форма обучения студентов в тесной связи с научными исследованиями.

Давайте попробуем на этой конференции воссоздать образ Дмитрия Ивановича во всей его полноте. Ведь такие люди встречаются крайне редко, и память о них всегда живет с нами.

## **44**

# **Д. И. БЛОХИНЦЕВ И ЛАБОРАТОРИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ\***

*A. H. Сисакян*

Уважаемые коллеги, друзья. Позвольте мне начать свое короткое выступление с представления вам нескольких фотографий конца 50-х годов, сохранивших образ Дмитрия Ивановича Блохинцева вместе со всемирно известными физиками 20-го столетия.

Владимир Георгиевич в своем выступлении дал яркую характеристику деятельности Дмитрия Ивановича Блохинцева как первого директора ОИЯИ (1956–1965 гг.).

В 1965 г., оставив пост директора Института, он был избран директором Лаборатории теоретической физики, которую возглавлял до конца своей жизни (1979 г.). ЛТФ (также как и Лаборатория нейтронной физики) была создана при учреждении Объединенного института по личной инициативе Дмитрия Ивановича, руководить которой он тогда пригласил академика Н. Н. Боголюбова.

В соответствии со своим пониманием творческой деятельности ученого и роли науки в обществе, которые сформировались у него на огромном опыте работы над фундаментальными и прикладными проблемами физики, а еще в юные годы под влиянием личной переписки с К. Э. Циolkовским, от которого он воспринял дух российской науки начала XX века, Д. И. Блохинцев стремился быть всегда в курсе всех научных достижений в физике, философии, других разделов науки, поощрять все новые и подчас нестандартные идеи и начинания, активно поддерживать творчество молодых исследователей.

Из личных научных достижений Дмитрия Ивановича напомню, прежде всего, получившие мировую известность работы по акустике неоднородной и движущейся среды. Дмитрий Иванович является автором концепции квантовых ансамблей, на основе которой им была дана объективная трактовка волновой функции и объяснение роли наблюдателя в квантовой механике. Впервые им была предложена идея учета взаимодействия электрона с собственным электромагнитным полем и качественное вычисление сдвига электронных уровней в атомах (1938 г.) — лэмбовский сдвиг, экспериментальное обнаружение которого и последовательный расчет были осуществлены лишь 10 лет спустя. В области прикладных исследований ему принадлежит идея

\* Труды XII Международной конференции по избранным проблемам современной физики, посвященной 95-й годовщине со дня рождения Д. И. Блохинцева (1908–1979), Дубна, 8–11 июня 2003 г. Дубна: ОИЯИ, 2003. Д1.2-2003-219. С. 19.

создания импульсных реакторов и ее практическое осуществление — импульсные реакторы на быстрых нейтронах в ОИЯИ.

В 60-х–70-х годах вместе с Дмитрием Ивановичем активно работали в ЛТФ такие известные ученые как М. А. Марков (кстати — однокурсник Дмитрия Ивановича), А. А. Логунов, А. Н. Тавхелидзе, Д. В. Ширков, В. Г. Соловьев, ученый из Китайской Народной Республики Чжоу Гуан Чжао, И. Тодоров (Народная Республика Болгария), Нгуен Van Хьеу (Вьетнам), А. М. Балдин, Я. А. Смородинский, молодые в то время: В. Г. Ка-дышевский, В. А. Матвеев, Р. М. Мурадян, С. С. Герштейн, Л. Д. Соловьев, В. И. Огневецкий, С. М. Биленский, В. А. Мещеряков, Н. А. Черников и др. В начале 60-х годов, благодаря личным научным и дружеским контактам Дмитрия Ивановича с Виктором Вайскопфом, Генеральным директором ЦЕРН в то время, был установлен научный обмен между учеными ОИЯИ и ЦЕРН, что явилось важной вехой в развитии наших контактов с Европейской организацией ядерных исследований в Женеве.

Возглавляя Лабораторию теоретической физики, Дмитрий Иванович создал научную школу из молодых тогда его учеников (Б. М. Барбашов, Г. В. Ефимов, А. В. Ефремов, М. К. Волков, Г. И. Колеров, В. Н. Первушин, В. В. Нестеренко и др.), успешно работающую и поныне в области нелинейной и нелокальной квантовой теории поля и теории элементарных частиц.

К концу 50-х годов относятся два крупных достижения Дмитрия Ивановича Блохинцева. Во-первых, им было введено понятие унитарного предела. Во-вторых, в области ядерной физики им была выдвинута и разработана концепция флуктуации плотности ядерного вещества. Флуктоны Блохинцева позволили объяснить ряд загадочных тогда процессов при соударении протонов высоких энергий с ядром, например, обнаруженные еще в 1957 году группой М. Г. Мещерякова «дейtronные пики» в реакции квазиупругого рассеяния протонов на ядрах.

Понятие флуктонов нашло наиболее яркое подтверждение через 20 лет, когда в реакциях с релятивистскими ядрами были зафиксированы так называемые кумулятивные частицы. Еще одно подтверждение этой идеи было получено в эксперименте НА-4 в ЦЕРНе по глубоко-неупрочному рассеянию мюонов на ядрах и в рождении кумулятивных протонов нейтринным пучком в Институте физики высоких энергий в Протвино. Это новое направление исследований — релятивистская ядерная физика, сейчас успешно развивается как у нас в Институте, так и в других ядерных центрах мира, но уже на основе многокварковой интерпретации флуктонов (С. Б. Герасимов, А. В. Ефремов, В. К. Лукьянов, А. И. Титов, В. Д. Тонеев, С. М. Елисеев и др.).

В эти же годы Д. И. Блохинцев исследует на основе оптической эйкональной модели структуру нуклонов и приходит к выводу о необходимости ее разделения на центральную и периферическую части, делает заключение о доминирующей роли в процессах рассеяния периферических соударений.

В теории множественного рождения частиц он показывает явные противоречия между гидродинамическим подходом и основными принципами квантовой механики. Эта несовместимость гидродинамики с квантовыми законами

микромира все больше проявляется сейчас по мере расширения корреляционных и спиновых измерений в физике высоких энергий (А. В. Ефремов, О. В. Теряев, С. В. Голосков и др.). Я хотел бы с благодарностью отметить, что и в своей научной деятельности, начиная с конца 60-х годов, я испытывал влияние идей Дмитрия Ивановича, в т. ч. его воззрений на процессы множественного рождения частиц.

Творческая активность Дмитрия Ивановича, охватывавшая широкий диапазон проблем физики и философии, не угасала до самых последних дней его жизни. Так одним из его последних исследований была задача объяснения аномально малого времени удержания ультрахолодных нейтронов (УХН), для решения которой он предложил простой физически ясный механизм нагревания ультрахолодных нейтронов водородом, адсорбированным поверхностью сосуда, в котором находятся УХН. Этот механизм получил свое экспериментальное подтверждение в опытах по температурной зависимости времени хранения УХН.

Особо следует отметить исключительную заслугу Д. И. Блохинцева в деле подготовки и воспитания молодого поколения ученых-физиков во многих странах-участницах ОИЯИ и, прежде всего, в Советском Союзе. Будучи с 1935 года профессором физического факультета Московского университета, он за время своей долгой преподавательской деятельности прочитал целый ряд фундаментальных теоретических курсов. Среди них особо следует выделить курс квантовой механики, начатый им еще в 1933 году. Созданный на основе этого курса университетский учебник «Основы квантовой механики» выдержал с 1944 года 22 издания у нас в стране и за рубежом. Как известно, В. Гейзенберг высоко ценил этот учебник, хотя и не разделял философскую трактовку квантовой механики, изложенную в книге. Дмитрий Иванович Блохинцев стоял у истоков создания ядерного отделения на физическом факультете МГУ. Первые три кафедры возглавили И. М. Франк, В. И. Векслер и Дмитрий Иванович. Д. И. Блохинцев и В. И. Векслер в 1960 году открывают в Дубне две новые кафедры физического факультета — «Теории атомного ядра» — зав. кафедрой Д. И. Блохинцев, и «Физики элементарных частиц», зав. кафедрой В. И. Векслер. Целью создания новых учебных кафедр в Дубне было обучение студентов старших курсов на базе ОИЯИ, привлечение в Дубну лучших студентов из вузов многих городов страны, подготовка кадров и для бывших социалистических стран. Эта идея Дмитрия Ивановича была активно поддержанна Б. М. Понтекорво, который в 1966 году возглавил кафедру «Физики элементарных частиц» и был ее заведующим на протяжении почти 20 лет. Таким образом, Дмитрий Иванович продолжал заниматься учебным процессом в Дубне, в филиале НИИЯФ МГУ, наряду с созданием своей научной школы.

Здесь необходимо отметить интересную деталь: московская кафедра Блохинцева — «Физика атомного ядра» — некоторое время существовала одновременно с дубненской кафедрой «Теория атомного ядра», а затем эти кафедры объединились, и осталась лишь дубненская. В 1973 году кафедра Д. И. Блохинцева меняет название и становится кафедрой «Теоретической ядерной физики».

Формально филиал НИИЯФ МГУ был открыт в 1961 году. Но если посмотреть на документы, то станет ясно, что идея создания филиала пришла в Дубну вместе с создателями Объединенного института, потому как уже в 1956 году вышло распоряжение Совета министров об организации филиала физического факультета МГУ. В 1959 году вышло распоряжение о строительстве здания филиала в Дубне. Весной 1961 года здание было сдано в эксплуатацию. В это же время приказом по Министерству высшего и среднего специального образования РСФСР и приказом по МГУ утверждена структура и определены задачи филиала. Созданию филиала активно способствовали ректор МГУ Иван Георгиевич Петровский, директор НИИЯФ Дмитрий Владимирович Скобельцын. Но практическими создателями филиала являются, прежде всего, Дмитрий Иванович Блохинцев и Сергей Николаевич Вернов, который с 1960 года стал директором НИИЯФ и заведующим отделением, которое в 1960 году было переименовано в Отделение ядерной физики. Ясно, что для них создание филиала не было случайным и обоснованным событием, а было совершенно естественным развитием процесса интеграции науки и образования.

Первого октября 1961 года в Дубне в филиале НИИЯФ МГУ начались занятия, приехали первые студенты. Д. И. Блохинцев и Б. М. Понтекорво часто встречались со студентами, приходили к ним в общежитие, принимали самое деятельное участие в устройстве студентов-выпускников на работу, в их дальнейшей научной карьере. Вместе с собственной увлеченностью наукой, вместе с такими человеческими качествами как честность, доброжелательность и чувство юмора, все это создавало неповторимый светлый образ кафедр (в филиале НИИЯФ МГУ), который, можно сказать, остался в памяти многих, если не всех выпускников.

Таким образом, созданием филиала было объединено получение образования в МГУ и научная деятельность в крупнейшем институте, ОИЯИ. Многие выпускники кафедры Блохинцева пополнили коллектив Лаборатории теоретической физики и успешно продолжают работать в ней, внося большой вклад в ее научные достижения. Среди них такие уже известные ученые, как В. Н. Первушин, Е. А. Иванов, Д. Ю. Бардин, В. В. Нестеренко, М. А. Иванов, В. В. Воронов, А. И. Вдовин и другие. Отмечу, что идея создания Университета в Дубне, а также Учебно-научного центра (УНЦ) в ОИЯИ — это тоже является развитием наследия Дмитрия Ивановича. Союз науки и университетского образования — идея, которая активно пропагандировалась в 50-е годы рядом выдающихся ученых, и в их числе Д. И. Блохинцевым, М. А. Лаврентьевым и другими.

Дмитрию Ивановичу был присущ дар предвидения в развитии науки. Он поддерживал и поощрял в ЛТФ ряд исследований, которые в то время нельзя было отнести к «модным» направлениям. Так, например, по его инициативе и активном участии многие годы организовывались международные конференции по нелокальной и нелинейной квантовой теории поля, и сегодняшняя конференция — это продолжение традиции. Это был период, когда квантово-полевые методы в физике элементарных частиц были почти преданы забвению. Теперь же они являются доминирующими, и современные

достижения в этой области получены в рамках этих подходов. Можно сказать, что этот акцент в исследованиях позволяет Лаборатории теоретической физики быть на передовых рубежах теоретико-полевых подходов в изучении квантовых закономерностей микромира и вносить достойный вклад в такие разделы теории как квантовая хромодинамика, теория релятивистских струн, суперсимметрия, космология и др. Дмитрий Иванович Блохинцев и Николай Николаевич Боголюбов оказали и продолжают оказывать влияние на дух научного демократизма не только в ЛТФ, но и во всем Институте и связанных с ним научных центрах.

Универсальность Дмитрия Ивановича проявлялась не только в научной деятельности, но и в эстетическом восприятии мира — он был оригинальным художником и поэтом. Его картины неоднократно демонстрировались на выставках, а их репродукции печатались в журналах. Его философская концепция выражена им в предисловии к книге «Основы квантовой механики», где мы находим: «Я всегда придавал большое значение методологии, без владения которой даже самый отличный ум приобретает оттенок ремесленничества», а в статье «Две ветви познания мира» («Техника — молодежь», 1982 г.) он писал: «Я верю в силу разума и возможность гармонии между ним и Природой. Нам нужна вера в благонамеренность Будущего, творимого человеком и природой, потеря такой веры означало бы увядание человеческого рода». Незадолго до внезапного ухода из жизни Дмитрий Иванович написал:

Никто на свете не разбудит  
Души, ушедшей на покой,  
Но на Земле, тебе чужой,  
Твои скитаться песни будут...

И сегодня поколение теоретиков с благодарностью ощущает на себе влияние яркой личности Д. И. Блохинцева — замечательного ученого и творца.

## **45**

### **Д. И. БЛОХИНЦЕВ — ПЕРВЫЙ НАУЧНЫЙ ДИРЕКТОР ЛАБОРАТОРИИ «В»**

*A. В. Зродников, Ю. В. Фролов*

Дмитрий Иванович Блохинцев относится к первому и незабываемому поколению советских физиков-ядерщиков (московская школа), прошедших путь от идей до их воплощения, является участником самых значительных событий в истории использования атомной энергии в СССР.

Около шести лет его жизни (1950–1956) самым непосредственным образом связаны с Лабораторией «В» (ныне Государственный научный центр РФ — Физико-энергетический институт (ФЭИ) в г. Обнинске) — первой в стране научной организацией, созданной специально для разработки энергетических ядерных реакторов. Этот период деятельности Д. И. Блохинцева до сих пор слабо освещен в литературе. Длительное время основным источником информации оставались только его статьи и воспоминания, посвященные созданию и пуску Первой в мире АЭС. И только 1990-е годы, когда началось изучение истории советского атомного проекта, стало известно об участии Блохинцева в работах над водородной бомбой. Другие аспекты его деятельности в этот короткий отрезок времени не получили должного освещения из-за отсутствия доступных исторических источников.

В данной статье делается попытка на основе документов архива Физико-энергетического института осветить малоизвестные страницы научной и административной деятельности Д. И. Блохинцева на посту директора Лаборатории «В».

К работам по атомной проблеме Д. И. Блохинцев был привлечен не позднее 1946 г., когда стал сотрудником Управления специальных институтов МВД СССР (9-е Управление), которое руководило институтами, созданными для организации работ по советскому атомному проекту немецких ученых и специалистов, прибывших в СССР в 1945–1946 гг. Предыстория этого события такова. 13 апреля 1946 г. решением Спецкомитета<sup>1</sup> «в целях укрепления научного руководства работой институтов и лабораторий 9-го Управления» начальником его научного отдела и, одновременно, заместителем начальника Управления по науке был назначен А. И. Лейпунский. Научный отдел должен был состоять из двух отделений: научно-технического и научной

<sup>1</sup> Специальный комитет (Спецкомитет) создан постановлением ГКО от 20.08.45 № 9887сс/оп при ГКО СССР (с 04.09.45 — при СНК, с марта 1946 при СМ СССР). В 1945–1954 гг. — коллегиальный орган, на который было возложено руководство всеми работами по созданию атомной промышленности и атомного оружия.

информации [1]. Начальником одного из отделений стал Д. И. Блохинцев. Как отмечает Дмитрий Иванович в автографе «Мой путь в науке», пригласил его на эту работу сам А. И. Лейпунский [2].

В названном выше автографе и в известных нам документах лично-го дела (анкеты, автобиография) Дмитрий Иванович относит это событие к 1947 г. Пользуясь возможностью, хотим уточнить этот момент. Одним из институтов, созданных в системе МВД СССР, была Лаборатория «В». Работая в 9-м Управлении МВД, Блохинцев участвовал в создании Лаборатории «В» и формировании ее научных планов. Документы тех лет, сохранившиеся в архиве ФЭИ, свидетельствуют о том, что Блохинцев был сотрудником 9-го Управления уже в 1946 г.

С работой в 9-м Управлении связана одна из самых загадочных легенд о Д. И. Блохинцеве, согласно которой он участвовал в испытаниях атомной бомбы в роли «дублера» И. В. Курчатова. Такая информация проходит только в рассказах и воспоминаниях, архивные документы, подтверждающие эту версию, пока не известны.

В 1949 г. 9-е Управление МВД СССР было ликвидировано, а его аппарат управления и институты были переданы Первому главному управлению (ПГУ)<sup>1</sup>. 16 марта 1950 г. Д. И. Блохинцев был назначен начальником теоретического отдела Лаборатории «В», а с 21 июля стал ее директором [3]. Блохинцева часто называют первым директором ФЭИ (или, как тогда назывался наш институт, Лаборатории «В»), хотя институт был создан в 1946 г. Дело в том, что пока Лаборатория «В» относилась к 9-му Управлению МВД СССР, общее руководство осуществляли «начальники Объекта» (должности директора тогда не было) — офицеры инженерно-технической службы МВД, а научное — научный руководитель немецкий физик Г. Позе и заместитель начальника Лаборатории по научной части А. К. Красин.

Важное отличие статуса Дмитрия Ивановича в том, что он стал первым научным директором Лаборатории «В», совместив в одном лице административное и научное руководство («За собой оставляю общее руководство объектом, научное руководство лабораториями и теоретическим отделом», — писал он в приказе по институту). При этом была сохранена должность заместителя директора по научной части (А. К. Красин), за которым оставлено руководство научным сектором № 2, составление производственных планов и отчетов по НИР, контроль за их выполнением, вопросы повышения квалификации специалистов [4].

Блохинцев возглавил Лабораторию «В» на переломном этапе ее истории: заканчивался «немецкий» период и перед институтом стояла проблема выбора пути дальнейшего развития. И этот выбор был сделан в первой половине 1950-х гг., когда Д. И. Блохинцевым и А. И. Лейпунским (по стечению обсто-

<sup>1</sup> Первое главное управление (ПГУ) при СНК (СМ) СССР — орган непосредственного оперативного руководства научными и промышленными организациями и учреждениями по созданию атомной промышленности и атомного оружия в 1945–1953 гг. Находилось в подчинении Спецкомитета и не имело права самостоятельного выхода в СМ СССР. После ликвидации все функции и подведомственные организации перешли к Министерству среднего машиностроения СССР.

ятельств они оба перешли сюда из 9-го Управления) были сформированы основные научные направления исследований и начаты работы, во многом определяющие лицо института и по настоящее время. При этом было сохранено изначальное предназначение Лаборатории «В», создававшейся как институт по разработке ядерных реакторов.

При директоре Д. И. Блохинцеве в институте были собраны первые физические сборки уран-графитовых реакторов, спроектирована, построена и введена в эксплуатацию Первая в мире АЭС, выполнены расчетно-теоретические исследования по термоядерному взрывному устройству, начаты работы по созданию атомных реакторов для подводных лодок, созданию ядерных ракетных двигателей и ядерных энергетических установок для космических аппаратов, созданию реакторов на быстрых нейтронах; для подготовки кадров при институте открыто было Вечернее отделение (затем филиал) МИФИ — сегодня Обнинский государственный технический университет атомной энергетики.

**1. Первая АЭС.** Сразу после испытания атомной бомбы к проблеме развития энергетических реакторов обращаются А. И. Лейпунский и С. М. Фейнберг, которые настаивают на срочном рассмотрении подготовленных Лабораторией «В», Институтом физических проблем АН СССР и Лабораторией измерительных приборов (ЛИПАН, с 1956 г. — ИАЭ, ныне РНЦ «Курчатовский институт») проектных материалов по энергетическим реакторам. В октябре 1949 г. А. И. Лейпунский, Д. И. Блохинцев, А. Д. Зверев<sup>1</sup> передали руководству ПГУ записку, в которой обращали внимание на необходимость «шире развить работы по различным энергетическим системам с целью их сопоставления и выбора наиболее эффективных путей» и предлагали обсудить этот вопрос на НТС ПГУ для выработки перспективной программы. Они считали возможным начать в Лаборатории «В» работы по реакторам на быстрых и промежуточных нейтронах и др. [5].

В конце 1949 — начале 1950 гг. в ЛИПАН под руководством И. В. Курчатова проводятся физические расчеты и другие проработки, а в НИИХиммаш под руководством Н. А. Доллежаля — разработка предварительного проекта корабельного реактора. Корабельный реактор — это «реактор на обогащенном уране высоконапряженного типа применительно к корабельной энергосиловой установке с мощностью паровой турбины около 25 000 кВт», с графитом и охлаждением водой.

11 февраля 1950 г. на совещании у начальника ПГУ Б. Л. Ванникова «проект корабельного реактора» оценивается как исходный и принимается решение в его обоснование построить на территории Лаборатории «В» «экспериментальную установку полупромышленного типа (установка АМ) мощностью по тепловыделению в 30 тыс. кВт и 5 тыс. кВт по паровой турбине, использующую обогащенный до 3–5 % уран в количестве 300 кг для этого реактора с графитовым замедлителем и водяным охлаждением». Это решение,

<sup>1</sup> Зверев Александр Дмитриевич (1911–1986), инженер-механик, технолог, генерал-майор (1945). С 1946 г. зам. начальника 9-го Управления МВД СССР, в 1949 г. зам. начальника 3-го Управления ПГУ, в 1949–1953 гг. начальник 2-го Управления ПГУ.

как считали участники совещания, обосновано ограниченностью «ресурсов расщепляющихся материалов», а также тем, что важнейшей задачей первого периода является «принципиальное подтверждение практической возможности преобразования тепла ядерных реакций атомных установок в механическую и электрическую энергию» [6]. Таким образом, в отдельную опытную установку АМ была выделена энергетическая составляющая «корабельного реактора».

16 мая 1950 г. постановлением СМ СССР был принят план работ по созданию на площадке Лаборатории «В» опытной энергетической установки В-10 с тремя реакторами на обогащенном уране-235: «уран-графитовый реактор с водяным охлаждением (агрегат АМ), уран-графитовый реактор с гелиевым охлаждением (агрегат ШГ) и уран-бериллиевый реактор с газовым охлаждением или охлаждением расплавленным металлом (агрегат ВТ)». 29 июля 1950 г. Н. А. Доллежаль был утвержден «руководителем работ по разработке новых типов энергетических и силовых атомных установок», Д. И. Блохинцев — его заместителем по физическим вопросам. Наиболее подготовленным был проект АМ, опиравшийся на опыт создания уран-графитовых реакторов, поэтому в конечном итоге было установлено, что в Лаборатории «В» будет построена атомная электростанция с установкой АМ и тепловой турбиной [7].

В начале 1950-х гг., как уже отмечалось выше, перед руководителями Лаборатории «В» стоял вопрос о дальнейшем развитии института. Как вспоминает Д. И. Блохинцев, когда «И. В. Курчатов предложил передать дальнейшую разработку этого реактора и сооружение на его основе атомной электростанции институту в Обнинске... это вызвало серьезные дискуссии относительно выбора пути дальнейшего развития в Обнинске энергетических реакторов. Что развивать: высокотемпературные реакторы на тепловых нейтронах с замедлителем из окиси бериллия? Реакторы с металлическим охлаждением? Или последовать предложению И. В. Курчатова, которое было весьма умеренным? Пар с давлением 12 атм в обычной теплоэнергетике был уже пройденным этапом. ...Я и мой заместитель по науке А. К. Красин поддерживали предложение И. В. Курчатова. А. И. Лейпунский же считал такое решение неправильным» [8]. Лейпунский полагал, что это отвлечет силы от работы над более эффективными реакторами и отставал кардинальное направление развития ядерной энергетики, хотя и оказывал помощь при создании Первой АЭС.

В июне 1951 г. по постановлению СМ СССР ответственными за сооружение АЭС назначаются руководители Лаборатории «В» Д. И. Блохинцев (научное руководство) и П. И. Захаров<sup>1</sup> (строительство). Тогда же все проектные материалы по реактору АМ передаются из ЛИПАН в Лабораторию «В» [9]. Таким образом, с этого времени Лаборатория «В» становится и заказчиком, и научным руководителем всех последующих разработок по проекту Первой АЭС. Главным конструктором оставался НИИХиммаш.

<sup>1</sup> Захаров Петр Иванович (1907–1965), инженер-строитель, инженер-полковник МВД. В 1947–1950 гг. начальник, затем (до 1953 г.) 1-й зам. директора Лаборатории «В».

Как писал Д. И. Блохинцев через десять лет, несмотря на то, что «принципиальная схема атомной электростанции чрезвычайно проста, можно сказать, что она немногим сложнее самовара», «в этой видимой простоте схемы заключено большое коварство... Сперва все казалось очень просто, но вскоре мы поняли, что проект был в стадии лишь первой ясности. Предстояла огромная работа... Количество проблем, которые предстояло решить, нарастало по мере углубления в работу над реактором» [10].

Здесь необходимо пояснить, что проектные материалы по реактору АМ были переданы из ЛИПАН в Лабораторию «В» без технических решений по целому ряду важнейших проблем, в частности, — по твэлам. Видимо поэтому в письме зам. директора ЛИПАН И. Н. Головина о передаче документов («Пересылаю Вам все имеющиеся у нас проектные материалы по АМ») над словом «все» стоит знак вопроса, выражаящий недоумение Д. И. Блохинцева. Вероятно, по составу документов он сразу понял: возглавляемому им коллективу придется самому решать основные проблемы. Вот почему окончательный проект АЭС отличался от первоначального, и основная разработка его была проведена в Лаборатории «В».

Главная идея проекта реактора АМ состояла в применении трубчатого твэла, в котором поток воды для теплосъема движется внутри трубы, а уран находится снаружи и должен иметь надежный тепловой контакт со стенкой трубы. Создание такого твэла, как признавал и сам главный конструктор реактора Н. А. Доллежаль, было наиболее трудной проблемой. К началу проектирования способ изгottenия трубчатых твэлов не был известен. Многочисленные попытки ряда институтов (ЛИПАН, НИИ-9, НИИ-13) изготовить опытные образцы, способные выдержать проектные тепловые нагрузки с термоциклированием, заканчивались неудачами. Поэтому в работу включились технологии Лаборатории «В» под руководством В. А. Малых. В конце 1952 г. они разработали твэл, конструкция которого допускала осуществление многих термоциклов и выдерживала нагрузки, в три с лишним раза превышающие проектные.

В теоретическом отделе института изучались отдельные, наиболее тонкие вопросы теории реактора на тепловых нейтронах. Основные физические расчеты реактора для АЭС были сосредоточены в отделе А. К. Красина (заместитель научного руководителя по созданию АЭС, координировавший экспериментальные и расчетные исследования) и выполнялись группой М. Е. Минашина. Главной задачей этих расчетов было определение и выбор физических характеристик реактора, определение необходимой загрузки реактора топливом, изучение его поведения при разогреве и др. Ими было предложено создание экспериментального стенда [11].

Этот стенд — критическая сборка активной зоны реактора АМ из графита, урана и воды, — названная впоследствии «физ. стендом АМФ», собирался прямо под кабинетом Д. И. Блохинцева А. К. Красиным и Б. Г. Дубовским. Целью осуществления «физ. стендаппарат АМ» являлось получение экспериментальных данных, позволяющих проверить правильность методики расчета и выбора параметров, используемых при расчетах аппарата АМ. АМФ достиг критического состояния 3 марта 1954 г. и стал первым реактором

в Лаборатории «В», на котором была осуществлена цепная реакция деления урана. Проведенные на нем эксперименты показали, что больших ошибок, по крайней мере на начало кампании Первой АЭС, не будет [12].

К марта 1954 был закончен монтаж систем АЭС и 5 мая начата загрузка реактора топливом. 6 мая 1954 г. приказом Д. И. Блохинцева для проведения пусковых работ назначаются дежурные научные руководители (А. К. Красин, Б. Г. Дубовский, М. Е. Минашин).

9 мая в 19 часов 7 минут, при загрузке 61-го топливного канала, реактор достиг критичности и затем был загружен полным числом каналов (128 штук). 26 июня 1954 г. осуществлена подача пара на турбину, а 27 июня генератор Первой АЭС включен в Единую энергетическую систему страны, его мощность достигла 1,5 МВт. К октябрю 1954 г. станция была выведена на проектные параметры.

Первая АЭС представляла собой однореакторную установку (высота активной зоны реактора 1,7 м, диаметр 1,5 м) с электрической мощностью 5000 кВт, тепловой — 30 000 кВт. Во втором контуре вырабатывался перегретый пар давлением 12,5 атм и температурой 260 °C; пар поступал в турбину, на валу которой был установлен электрогенератор. Это был первый отечественный опыт преобразования энергии деления ядер урана в электрическую энергию через паротурбинный цикл.

Огромную помощь Лаборатории «В» в создании Первой АЭС оказывали руководители ПГУ и опытные ученые и специалисты других институтов и предприятий. Как вспоминал М. Е. Минашин, с начала монтажа оборудования на станции почти безотлучно находился Е. П. Славский, приезжали И. В. Курчатов, А. П. Александров, главный конструктор реактора Н. А. Доллежаль и его ближайший помощник П. И. Алещенков. Славский фактически взял на себя руководство монтажными работами, Курчатов больше занимался физикой реактора, Александров дополнял Курчатова в части инженерно-производственных вопросов, Доллежаль — четко представлял себе картину развития энергетического реакторостроения, о чем свидетельствует выбор трубчатой конструкции твэла и канала реактора АЭС [13].

Конечно же, роль Курчатова, осуществлявшего общее научное руководство советским атомным проектом, была гораздо выше, а иногда имела решающее значение. «Одно время, когда АЭС уже строилась, — вспоминал Блохинцев через двадцать лет после пуска станции, — весь смысл проекта был внезапно поставлен под вопрос. Весьма авторитетная и хорошо знакомая с проектом группа ученых высказала мнение о прекращении работ на том основании, что станция будет неэкономичной (как будто тогда дело было в экономичности!), и прочее, и прочее... К счастью для этого большого дела, И. В. Курчатов, который в то время руководил всей атомной наукой нашей страны, не согласился с этим мнением своих сотрудников» [14].

Сам Д. И. Блохинцев, как научный руководитель проекта, занимался не только физическими вопросами сооружения реактора, но и вопросами создания твэлов, и всеми инженерными проблемами. Его рабочий день, как вспоминают ветераны института, продолжался не менее 15 часов и вряд ли он имел выходные [15].

К строительству двух других реакторов установки В-10 (агрегатов ШГ и ВТ) по ряду причин так и не приступили. Казалось, что нереализованные проекты давно забыты. Но неожиданно эта тема вновь прозвучала в воспоминаниях А. П. Александрова, изданных уже в наше время. Вспоминая о высокотемпературном реакторе ШГ с гелиевым охлаждением, он говорит: «Это, между прочим, потом имело довольно большое значение, потому что в космических всяких делах на это дело сильно наткнулись, и в этом смысле атомщики им довольно сильно помогли. И тогда мы, значит, разрабатывали вот этот «Шарик», и «Шарик» был принят к строительству. Выбрали для него место в Обнинске, шикарное место ... И вот Блохинцев-то и поднял скандал насчет «Шарика», боялся, что он взорвется. А в то время разрабатывался другой проект, первой в мире электростанции. Но тогда, в конце концов, остановились на этом проекте...

Но нам было очень жаль тогда, что, вот, мы работали, работали над этим делом, и у нас не пошло строительство этой станции [с реактором ШГ — Авт.], причем из-за такого можно сказать дурацкого отношения Блохинцева к этому делу» [16].

Дело, конечно, было не в «дурацком» отношении: руководство Лаборатории «В» вполне осознано выступило против этого задания. В ноябре 1951 г. Блохинцев и Лейпунский подготовили заключение по вопросу сооружения реактора ШГ, где доказывали, что он мало пригоден в качестве транспортной ЯЭУ. Была и другая причина, о которой в декабре 1951 г. Блохинцев писал в ПГУ: «В связи с... письмом т. Александрова А. П. о передаче Лаборатории «В» агрегата ШГ сообщаю, что в Лаборатории «В» имеются только три лица, способных осуществлять научное руководство: Лейпунский А. И., Красин А. К. и Блохинцев Д. И. В остальном наша Лаборатория состоит из малоопытной молодежи. Между тем, если учесть обязанности, возложенные на названных лиц правительственными решениями, относящимися к строительству и проектированию различных агрегатов и к расчетам по специальной проблеме (Блохинцев Д. И.), то объем уже порученной работы далеко выходит за пределы сколько-нибудь нормальной нагрузки, при которой могло бы обеспечиваться вполне надежное повседневное руководство». При таких условиях было бы большим легкомыслием кому-нибудь из нас взять еще одно большое и ответственное поручение [17].

К этому можно добавить, что из работников Лаборатории «В» — создателей Первой в мире АЭС, только один имел опыт пуска реакторов — бывший сотрудник ЛИПАН Б. Г. Дубовский. Но он прибыл в институт только в 1953 г.

\* \* \*

Пуск и успешная работа Первой АЭС имели не только научное значение. Во времена всеобщей засекреченности ядерных исследований наша страна не практике показала миру путь к мирному использованию атомной энергии, что имело большое политическое значение.

После пуска АЭС Блохинцев выступает в открытой печати со статьями о мирном применении атомной энергии. Сохранились интересные документы о подготовке Дмитрием Ивановичем первой статьи почти сразу

после пуска АЭС в июле 1954 г. для газеты «Известия», которая так и называлась «Первый шаг по пути мирного применения атомной энергии». Обсуждение статьи «в отношении степени информации, которая может в ней содержаться» происходило на высшем министерском уровне: В. А. Малышев отписал статью на отзыв Б. Л. Ванникову, Е. П. Славскому, Б. С. Позднякову и А. П. Александрову. Отзывы разделились. Поздняков и Малышев требовали ее переработки. Причем Поздняков написал развернутые замечания, которые касались только научно-технических вопросов.

Дмитрию Ивановичу, судя по его пометам на полях замечаний красным карандашом: «Верно», «Не поняли? Это все понимают», «Путаница», «Что же верно?» и т. д. — критика не очень понравилась. Тем более начальники, видимо, сами не знали, чего хотели, ибо Е. П. Славский тогда же в своем резюме констатировал: «Статья хорошая и не требует корректировки», а А. П. Александров: «Считаю статью очень хорошей, и написана хорошо, и ничего из нее нельзя высосать...» [18].

Примечательно, что в июле 1954 г. Блохинцев просил ministra В. А. Малышева перед публикацией этой первой статьи «решить вопрос относительно псевдонима, т. к. обозначение моей [т. е. Блохинцева — Авт.] фамилии может способствовать локализации объекта, не обозначенной в сообщении правительства» [19].

Проблема «локализации объекта», не обозначенного местонахождением в сообщении ТАСС о пуске Первой АЭС, решилась очень быстро: уже в 1955 г. слава Лаборатории «В» перешагнула границы Советского Союза, а на АЭС стали принимать иностранные делегации.

В ноябре 1955 г. в Москву прибыла делегация английских ученых. Делегация побывала и в Лаборатории «В», где ознакомилась с атомной электростанцией. Здесь английским ученым был преподнесен в подарок фильм «Первая в мире» об атомной электростанции «Академии наук СССР» (так тогда скрывали ведомственную принадлежность АЭС). В книге почетных посетителей англичане записали: «Делегация Британского управления по атомной энергии выражает профессору Блохинцеву и его коллегам свое восхищение работой, которую они выполнили, а также благодарность за гостеприимство».

Выступая затем на прощальном приеме, устроенном Президиумом АН СССР, глава английской делегации сказал: «Хочу поблагодарить Академию наук за то гостеприимство, которое было нам здесь оказано... Несмотря на короткое время, мы видели довольно много. Первое, что мне хотелось бы отметить — это то, что мы все вместе посетили атомную электростанцию, фильм о которой получили в подарок. ... Еще хочется отметить, что по отношению к нам повсеместно проявлялась готовность отвечать на все наши вопросы. Нас удивило то, что ни один из наших вопросов не остался без ответа. Возможно, мы задавали не те вопросы, которые следовало бы, но факт остается фактом» [20].

В первый период работы АЭС рассматривалась как опытная энергетическая станция. На ней учились и проходили подготовку специалисты первых промышленных АЭС, экипажи первых атомных подводных лодок и ледокола «Ленин», стажировались специалисты из социалистических стран.

Но, начиная с 1956 г., назначение станции стало постепенно меняться. Опыт разработки, создания и эксплуатации Первой АЭС помог более четко определить задачи ближайшего будущего по использованию ядерных реакторов как в энергетике, так и других промышленных применениях. Реактор решено было использовать в основном для проведения научных исследований, в частности, необходимых для создания более мощных АЭС. Об этом еще в 1951 г. думал Блохинцев, когда писал в ПГУ, что «агрегат АМ помимо инженерной проверки должен быть использован для широкого круга физических, материаловедческих исследований» [21]. За все время работы для проведения научных и инженерных экспериментов на реакторе АМ было сооружено 17 петель различного назначения.

Почти 50-летний период успешной работы Первой АЭС подтвердил правильность принятых тогда решений. За участие в разработке, пуске и освоении Первой АЭС Д. И. Блохинцеву, Н. А. Доллежалю, А. К. Красину, В. А. Малых была присуждена Ленинская премия, большая группа участников работ награждена орденами и медалями СССР.

Доклад Блохинцева о Первой АЭС был основным докладом на Первой международной конференции по мирному использованию атомной энергии в Женеве (1955). Вспоминая об этом, он писал: «Среди участников конференции распускались слухи, что доклад о советской АЭС чисто пропагандистский и ничего по существу дела советские ученые не сообщают. На самом же деле он был строго научно-техническим, основанным на точных фактах и очень осторожным в смысле прогнозов и обещаний на будущее. Тем не менее, доклад произвел огромное впечатление на тысячную аудиторию. ...Несмотря на запрещение правилами конференции аплодисментов, окончание доклада об АЭС было встречено бурной овацией» [22].

Первая АЭС особыми нитями братства связала ее создателей на все последующие годы. Дмитрий Иванович, живя и работая в Дубне, не пропустил ни одной юбилейной встречи в Обнинске, посвященной пуску Первой АЭС.

29 апреля 2002 г. Первая АЭС была остановлена, точнее — была прекращена ее эксплуатация с генерацией мощности за счет цепного процесса деления ядер урана. Сейчас эксплуатация АЭС продолжается, но уже в режиме окончательного останова.

**2. Быстрые реакторы.** Работы по реакторам на быстрых нейтронах в СССР инициировались с конца 1940-х гг. и проводились под научным руководством А. И. Лейпунского. Блохинцев в начале 1950-х гг., как директор и, одновременно, начальник теоретического отдела Лаборатории «В», участвовал в разработке теории и проекта первого реактора на быстрых нейтронах, который стал предшественником ряда реакторов-размножителей с жидкокометаллическим теплоносителем.

Отмечая в автобиографии «Мой путь в науке», что основная идея реакторов на быстрых нейтронах принадлежала Лейпунскому, Блохинцев в то же время подчеркивает, что «первые расчеты реактора были произведены мною» [23]. В те времена понятие «руководитель» не имело того смысла, в каком оно часто используется сегодня — «управленец». Руководить физрасчетом реактора означало, что человек должен был сам просчитать, что

относилось к физике реактора. Д. И. Блохинцев лично занимался расчетно-теоретическими исследованиями по физике быстрых реакторов. В 1950 г. он выполнил работу «Кинетические уравнения для быстрых нулевых точек»<sup>1</sup> по теории быстрых реакторов, в которой была поставлена задача нахождения пространственно-энергетического распределения нейтронов с учетом всех основных эффектов взаимодействия нейтронов с ядрами. В этой работе дано кинетическое уравнение для функции распределения нейтронов и предложен ряд методов решения этого уравнения [24].

В другой работе «К теории кинетических уравнений» им были сформулированы основы теории расчетов критических масс и воспроизведения в реакторах на быстрых и промежуточных нейтронах. К 1953 г. основы созданной им лично теории расчета реакторов были значительно развиты его учениками — молодыми сотрудниками руководимого Блохинцевым теоротдела, и применены к практически осуществляемым системам [25]. Первыми такими системами стали реакторы БНТ и БНТФ (БР-1 и БР-2).

Пуск в апреле 1955 г. в Лаборатории «В» реактора БР-1 «нулевой» мощности снял последние сомнения с идеи быстрых реакторов, именно на нем в ходе экспериментов было доказано, что коэффициент воспроизведения может быть  $> 2$ . А пуск менее чем через год реактора БР-2 мощностью 10 кВт с плутониевым горючим и ртутью в качестве теплоносителя подтвердил правильность предположения о расширенном воспроизведении и способствовал окончательному выбору более эффективного теплоносителя — натрия. БР-2, эксплуатировавшийся в 1956–1957 гг., стал первым быстрым реактором в СССР и Евразии.

И, наконец, нельзя не отметить, что именно в Обнинске в 1955 г. Дмитрий Иванович предложил идею ИБР и стал главным идеологом создания импульсного быстрого реактора периодического действия, построенного затем в ОИЯИ в Дубне (1960 г.).

**3. Ядерные установки для космических аппаратов.** 2 февраля 1925 г. 17-летний Дмитрий Блохинцев записал в дневнике: «С тех пор как видел «Аэлиту»<sup>2</sup>, мне точно огнем выжгло в подсознании этот мощный полет, и я ударился в ракеты».

Вспоминая об этом уже в зрелые годы, Д. И. Блохинцев писал: «Я обратился к Циолковскому, достал книги Г. Оберта, В. Валье и Р. Годдарда...» Но затем «физика, и особенно теоретическая физика, настолько увлекла меня сама по себе, что я надолго забыл свои мечты о космических полетах на Луну и Марс. Однако много лет спустя, после войны, я вновь вернулся к «Аэлите», на этот раз вооруженный гораздо большими знаниями и совершенно новыми возможностями. «Аэлита» вновь позвала меня в разгар великой атомной эпопеи...» Здесь надо уточнить: «Аэлита» позвала Д. И. Блохинцева вновь уже в Лаборатории «В».

<sup>1</sup> Нулевые точки — так в документах тех лет, в целях секретности, назывались нейтроны.

<sup>2</sup> Речь идет о советском немом художественном фильме «Аэлита», снятом в 1924 г. режиссером Я. Протазановым, вольной экранизации одноименного фантастического романа А. Толстого.

Первые проработки ядерных установок для летательных аппаратов космического и авиационного назначения были начаты в Лаборатории «В» в 1953 г. Первые нейтронно-физические, тепловые и термодинамические расчеты, выполненные тогда, показали возможность создания ядерного ракетного двигателя (ЯРД) с прямым нагревом водорода в качестве рабочего тела. Этот ЯРД имел по расчету тягу до 280 т и удельный импульс 800 кг·с/кг. Источником энергии служил гомогенный тепловой реактор на основе графита с карбидом урана. Периферийная зона реактора представляла собой уран-бериллиевый сплав, здесь водород нагревался до 500 К, после чего поступал в газовую турбину, которая приводила в действие водородный насос.

Этот проект его авторы неоднократно обсуждали с С. П. Королевым, В. П. Глушко, М. В. Келдышем, А. М. Льюлькой. В 1955 г. проект был оформлен в виде научного отчета, авторами которого были Д. И. Блохинцев, И. И. Бондаренко, В. Я. Пупко и др. [26].

В ОКБ-1 в то время водород, как рабочее тело, вызывал большие возражения из-за низкой плотности, и дальнейшие проработки было предложено проводить с использованием менее эффективных, но плотных рабочих тел. «Так как на борт ракеты надо брать определенное количество рабочего тела по массе, то, по уверениям корифеев ракетной техники, должен получиться неприемлемо большой, неподъемный вес бака для водорода, — вспоминает В. Я. Пупко. — Возражения, что водород не мы придумали, а еще Циолковский, и что мы вычисляли вес бака по общезвестным формулам сопротивления материалов, наших оппонентов не переубедили. С «зубовым скрежетом» произносили они слово «водород». Прощаясь, С. П. Королев сказал Д. И. Блохинцеву: «Ну, до свидания, марсианин!». На это наш директор нашелся и ответил Королеву: «До свидания, могильщик атомной энергии!» [27].

Несмотря на то, что конструкторы летательных аппаратов не спешили воплощать идеи Лаборатории «В», начало работ над проектами ЯРД в нашей стране было положено. Достаточно быстро за Лабораторией «В» закрепился приоритет в этой новой области исследований. Так, И. В. Курчатов, получая материалы по созданию атомных ракетных двигателей, просил Б. Л. Ванникова направлять их «для получения заключения тов. Блохинцеву Д. И.» [28].

Начались совместные проработки Лаборатории «В», ОКБ-1 (С. П. Королев), ОКБ-456 (В. П. Глушко) и НИИ-1 (М. В. Келдыш). В результате в декабре 1955 г. они готовят совместное письмо в Президиум ЦК КПСС, в котором пишут, что «успехи ядерной физики и реактивной техники позволяют непосредственно приступить к работам по созданию ракеты с атомным двигателем», который позволит «существенно улучшить характеристики ракеты дальнего действия», а также «имеет перспективу для создания искусственного спутника Земли и полета в мировое пространство». Одновременно разрабатывается проект постановления Совмина СССР об организации этих работ, в котором главным конструктором ракеты предлагается утвердить С. П. Королева, главным конструктором двигателя — В. П. Глушко, научным руководителем работ по созданию реактора для двигателя — Д. И. Блохинцева [29].

Однако до полного взаимопонимания между физиками и ракетчиками было далеко. В 1955 г. Лаборатория «В» предложила проект баллистической ракеты с «твёрдым реактором». Королев и Глушко считали, что такая ракета будет не конкурентоспособной в сравнении с ракетой на химическом жидкокомплексном топливе, потребует больших экспериментальных и исследовательских работ, направление которых на тот период представлялось им слишком неопределенным. Блохинцеву было трудно в этой борьбе, но как видно из его записки министру А. П. Завенягину, отступать он не собирался: «В течение длительного времени НИИ-88 и ОКБ-456 подвергают сомнению рациональность нашего предложения о создании атомной ракеты. ... Я думаю, что область применения атомных ракет — это сверх дальние ракеты, позволяющие перебрасывать большой груз (не менее 10 тонн) в любую точку земного шара. ... Ракета с твёрдым реактором является сейчас единственным вариантом, техническое осуществление которого является вполне мыслимым. Что касается газовых, жидких и термоядерных реакторов, на применении которых настаивают НИИ-88 и ОКБ-486, то эти варианты в настоящее время не могут быть обоснованы». Поэтому он предлагал развернуть в Лаборатории «В» не только расчетные, но и экспериментальные работы по атомной ракете, «ориентировать их на создание малой опытной атомной ракеты, которая должна явиться прототипом будущих больших атомных ракет» [30].

**4. Корабельные реакторы.** 9 сентября 1952 г. вышло Постановление Совмина СССР о создании атомной подводной лодки. Общее руководство научно-исследовательскими работами и работами по проектированию объекта возлагалось на ПГУ (Б. Л. Ванников, А. П. Завенягин, И. В. Курчатов), научным руководителем работ по созданию комплексной ядерной энергетической установки (ЯЭУ) был назначен А. П. Александров, главным конструктором ЯЭУ — Н. А. Должаль. Для руководства работами и рассмотрения научных и конструкторских вопросов, связанных с постройкой лодки, при Научно-техническом совете ПГУ была организована секция № 8, которую возглавил В. А. Малышев.

Выполнение значительной части работ по ЯЭУ поручалось Лаборатории «В». 20 сентября 1952 г. Завенягин сообщил Блохинцеву, что тот утвержден заместителем научного руководителя «объекта № 627 по центросистемным расчетам и исследованиям». Завенягин сообщал также, что постановлением Совмина на Лабораторию «В» одновременно возложено выполнение расчетно-теоретических работ, разработка твэлов, сооружение и испытание опытного реактора подводной лодки.

Работа начиналась при полном отсутствии информации извне, а иногда и недостаточном понимании того, что же все-таки требуется, отчасти потому, что на первом этапе к созданию подводной лодки с атомным реактором (ПЛА) не были привлечены моряки — лодку создавало ПГУ. По воспоминаниям одного из участников работ, «иногда это приводило к ситуации, когда все приходилось делать заново».

Первой и важнейшей задачей явился выбор типа реактора в качестве основного источника энергии, а также общего облика энергетической установки. Сначала это были реакторы на графитовом и бериллиевом замедлителе

с тепловыделяющими трубами, несущими давление. По типу они оказались близки к строящейся тогда Первой АЭС. Несколько позднее возникли установки, у которых замедлителем была тяжелая вода. И только потом (а по тем темпам это был один месяц) появился корпусной водо-водянной реактор.

Уже в октябре 1952 г. Блохинцев докладывал в ПГУ о проведенных в Лаборатории «В» работах: «Перед Лабораторией «В» согласно решению секции НТС № 8 была поставлена задача разработки предварительных вариантов реакторов для заказа 627. ... В результате проведенной предварительной работы мы считаем возможным предложить для обсуждения на секции следующие варианты: а) Технологическую схему, на основе реактора АМ с перегревом пара внутри реактора, разработанную в отделе тов. А. К. Красина и б) Схемы с применением металлического охлаждения, разработанные в отделе тов. Лейпунского А. И. Применительно к этим вариантам и прорабатывался вопрос о малогабаритной биологической защите реактора» [31].

Таким образом, наряду с водо-водянной разрабатывался второй вариант установки с теплоносителем свинец–висмут, предложенный Лейпунским, по инициативе которого работы по созданию транспортных ЯЭУ были начаты в Лаборатории «В» еще в 1947 г. Теплоноситель свинец–висмут до этого в мире не использовался. Разработка двух направлений по реакторам была вызвана большим количеством проблем в создании морских ЯЭУ, порождавших новизной и очень жесткими требованиями [32].

Уже при проектировании реакторной установки для ПЛА выявилось множество трудностей. Сложным оказалось создание биологической защиты, которая, с одной стороны, обеспечивала бы хорошую защиту личного состава от излучения реакторной установки, а с другой стороны, не должна была по весу утопить подводную лодку. Вот как писал об этом в 1952 г. Блохинцев: «Нетривиальность этой задачи видна из того, что мощнейший из до сих пор разработанных энергетических реакторов имеет тепловую мощность 30 000 кВт и вес вместе с биологической защитой — 5000 тонн. При этом главный вес сосредоточен в защите. Мы не считали разработку конструкции нашей задачей, и имели ввиду лишь выяснение принципиальной возможности решения поставленной проблемы — получения значительной мощности агрегата при малогабаритной и легкой биологической защите. Однако отвлеченнное рассмотрение одной лишь защиты само по себе мало содержательно. Поэтому фактическая работа вылилась в разработку технологических схем, элементов конструкции реактора, расчетов защиты и самого реактора» [33].

Но трудности удалось преодолеть: в апреле–мае 1953 г. был выпущен эскизный проект энергетической установки и несколько позже — всей подводной лодки. Он показал, что лодка и энергетика для нее могут быть созданы в весьма компактном виде и с умеренными массами, что открыло дорогу вперед.

Руководители работ по созданию лодочных реакторов (А. П. Александров, Д. И. Блохинцев, А. И. Лейпунский) отлично понимали, что поставленная срьезная задача может быть решена только при наличии экспериментальных стендов, на которых оборудование отрабатывалось бы в условиях, близких к натуральным. Поэтому в 1953 г. на базе Лаборатории «В» приступили к стро-

ительству полномасштабных наземных стендов-прототипов энергетических установок реакторов ПЛА с водяным охлаждением и жидкокометаллическим охлаждением (первый из которых был введен в действие в начале 1956 г.). Они представляли собой полномасштабные реакторный и турбинный отсеки ПЛА. На этих стенах затем длительное время отрабатывались реакторы новых типов и проходили обучение экипажи подводных лодок.

**5. РДС-6т.** Лаборатория «В» с момента образования в 1946 г. непосредственно не участвовала в создании ядерного оружия, но по заданиям некоторых организаций выполняла отдельные работы (радиохимические исследования, изготовление источников излучения и препаратов). 26 февраля 1950 г. Совмин СССР принял Постановление «О работах по созданию РДС-6». В этом постановлении предусматривалась организация расчетно-теоретических, экспериментальных и конструкторских работ по созданию изделий РДС-6с («слойка») и РДС-6т («труба») [34].

Постановлением Совмина СССР «О работах по РДС-6т» от 9 мая 1951 г. наряду с группой Я. Б. Зельдовича в КБ-11 (ВНИИЭФ), группой Л. Д. Ландау в Институте физических проблем АН СССР и Математическим институтом АН СССР к расчетно-теоретическим исследованиям по термоядерному взрывному устройству была привлечена и Лаборатория «В». Этим постановлением ПГУ разрешалось организовать в Лаборатории «В» отдел прикладной теоретической физики в количестве 15 человек, укомплектовав его квалифицированными физиками, теоретиками, математиками и расчетчиками [35].

13 октября 1951 г. Д. И. Блохинцев подписал приказ о создании в Лаборатории «В» для выполнения работ по термоядерной тематике нового отдела № 6 прикладной теоретической физики в составе двух лабораторий. Научное руководство отделом и всеми работами Лаборатории «В» по этой проблеме согласно указанию ПГУ Блохинцев возложил на себя [36].

Временной интервал между принятием решения (май) и созданием отдела № 6 (октябрь) связан с комплектованием отдела и оформлением допусков выпускникам вузов. Блохинцеву были даны очень широкие полномочия в отборе специалистов в НИИ и учебных заведениях. Но опытные и квалифицированные специалисты уже были заняты в других институтах. Поэтому исследованиями по теме РДС-6т (как, впрочем, и по всем другим темам Лаборатории «В») вместе с Блохинцевым занимались, в основном, молодые физики и математики, только что окончившие институты. Блохинцев, не прекращавший преподавательской деятельности в МГУ, имел возможность приглашать своих учеников. Так в Лабораторию «В» попали И. И. Бондаренко, В. С. Имшенник, Б. Б. Кадомцев, Ю. П. Райзер, А. С. Романович, Л. Н. Усачев и др., ставшие потом известными учеными.

В 1951–1955 гг. под руководством Дмитрия Ивановича по теме РДС-6т были проведены серьезные расчетно-теоретические исследования по термоядерному взрывному устройству, начало которым положил отчет Блохинцева «Газодинамика вещества при высоких температурах» (1951 г.). Всего по результатам работ было выпущено более 20 научных отчетов Лаборатории «В», в которых сформулирована физико-математическая модель основных процессов, протекающих во взрывном устройстве.

Надо отметить, что в исследованиях Лаборатории «В» рассматривались не отдельные физические проблемы, а конкретная конструкция термоядерного взрывного устройства. Физическая схема предложенного группой Блохинцева устройства отличалась от аналогичных разработок КБ-11, с которыми сотрудники Лаборатории «В» знакомы не были. Идея состояла в воспламенении большой массы дейтерия в виде сферы. Инициирование термоядерной детонации должно было осуществляться из центра сферической системы [37].

Исследования группы Блохинцева повлияли на оценку перспектив разработок по «трубе». В начале 1954 г. в Министерстве среднего машиностроения состоялось совещание, которое вел И. В. Курчатов; участвовали В. А. Малышев, Д. И. Блохинцев, И. Е. Тамм, А. Д. Сахаров, Я. Б. Зельдович, Л. Д. Ландау, И. Я. Померанчук, Ю. Б. Харитон и др. На этом совещании от Лаборатории «В» вначале выступил Блохинцев, а затем сотрудники его отдела. Главным был доклад Б. Б. Кадомцева о переносе нейтронов в дейтерии. В своем выступлении Кадомцев показал, что в результате протяженного в пространстве переноса энергии и импульса быстрыми нейтронами, а также из-за эффекта комптонизации в дейтерии наблюдается пространственное энерговыделение на больших расстояниях. Поэтому задача получения детонации в «трубе» не имеет гарантированного положительного решения [38].

В результате совещание приняло решение о бесперспективности этого направления и о прекращении работ с применением жидкого водорода. В 1955 г. исследования по термоядерной тематике в Лаборатории «В» были прекращены. Американцы убедились в бесперспективности этого метода еще в 1950 г.

**6. «Физический идеализм» и развитие теоретической физики.** Время работы Д. И. Блохинцева в Лаборатории «В» совпало с окончанием так называемой дискуссии о «физическом идеализме». Начатая В. И. Лениным еще в «Материализме и эмпириокритицизме» борьба с физическим идеализмом продолжалась почти на протяжении всей истории советской философии и физики. В послевоенные годы она получила новое развитие и велась вокруг основных положений теории относительности и квантовой механики. Дискутирующие стороны представляли с одной стороны физики Академии наук, с другой — часть философов и физиков МГУ.

Ортодоксальные партийные философы (их называли «механистами») доказывали, что теория относительности и квантовая механика построены на идеалистической философии, придуманы за рубежом и тормозят развитие советской физики. На основе развенчания новейших теорий «идеалистов» и «космополитов» они хотели радикальным образом перестроить преподавание и подготовку научных кадров. Между тем, большинство физиков, обвинявшихся в идеализме и космополитизме (еще их называли «западниками»), были ведущими теоретиками, признанными специалистами в области теории относительности, квантовой механики и ядерной физики (В. А. Фок, И. Е. Тамм, Л. Д. Ландау, Я. И. Френкель и др.).

Создание атомного оружия опиралось на ядерную физику, которая немыслима без теории относительности и квантовой механики. Поэтому принято считать, что И. В. Сталин вмешался и отменил подготовку так называемого «философско-космополитического погрома» 1949 г. после того, как с ним пе-

ретировали обеспокоенные Л. П. Берия или И. В. Курчатов (документального подтверждения этой версии нет). Но дискуссия на этом не прекратилась, и значительную роль в ней на всем протяжении играл Блохинцев.

При этом положение его было в известной степени не простым: Дмитрий Иванович был одинаково близок к обеим группам ученых, так как длительное время одновременно работал и в МГУ, и в ФИАН, т. е. в системе Академии наук. Возможно, это наложило отпечаток на выступления Блохинцева в дискуссии 1949 г., что дало повод академику В. А. Фоку оценить одну из его статей как «ошибочную, но не антинаучную». (Об этой дискуссии сам Блохинцев писал, что «Принципиальная, творческая дискуссия была в значительной мере искажена столкновением мелких, групповых интересов».)

С другой стороны, Блохинцев был физиком-теоретиком, пользовался особым доверием руководителей советского атомного проекта, во время дискуссии по физике неоднократно выступал в роли консультанта руководителей ПГУ, а затем и созданного на его основе Министерства среднего машиностроения. Можно предположить, что после провала совещания по физике 1949 г. и смерти президента АН СССР С. И. Вавилова, руководители атомного проекта решили взять развитие ситуации под контроль. Вероятно, по этой причине Блохинцеву предложили возглавить следующую возможную дискуссию по физике.

В архиве ГНЦ РФ-ФЭИ сохранились интересные документы, подготовленные Д. И. Блохинцевым, которые отражают его взгляд на состояние советской теоретической физики в тот период и предложения по ее развитию.

В феврале 1951 г. Д. И. Блохинцев по указанию А. П. Завенягина подготовил справку «О положении в области теоретической физики». Направляя ее в ПГУ, он пишет: «Пользуюсь также случаем обратить Ваше внимание на то, что я, ввиду возложенных на меня задач и коротких сроков, предоставленных на их решение, не могу согласиться с предложением И. В. Курчатова возглавить дискуссию по физике (если она будет признана, в той или иной форме, целесообразной) и буду вынужден ограничиться ролью рядового участника» [39].

В самой справке он отмечает, что «теоретическая физика XX столетия опирается на две фундаментальные теории — теорию относительности и квантовую механику», «однако обе эти фундаментальные физические теории возникли на почве зарубежной, буржуазной науки и это не могло не отразиться отрицательно на развитии советской теоретической мысли», «вместе с этими теориями к нам были занесены враждебные революционному материализму философские концепции и дух низкопоклонства перед представителями зарубежной науки». «В результате этого дух новаторства и смелости в искации принципиально новых путей был ощутимым образом приторможен, и основная работа советских теоретиков протекала не столь по пути развития новых принципов теории, сколь по пути применения готовых принципов к разрешению конкретных задач физики. Отрицательный эффект этих обстоятельств был существенно уменьшен, если не совсем сведен на нет, только в самые последние годы, в результате борьбы нашей партии за поднятие авторитета нашей науки, за ее революционно-материалистическую

направленность. ...Ряд дискуссий по квантовой механике в МГУ, ФИАН и др. учреждениях хотя и не привели к полному единодушию в отношении понимания основ квантовой теории, но все же имели тот существенный результат, что на этих дискуссиях была показана научная несостоятельность идеалистической концепции.

...Подавляющее большинство наших физиков-теоретиков признает огромное положительное значение теории относительности и квантовой механики и руководствуется ими в своей практической работе. Вместе с тем, под давлением новых опытных фактов, все более широкое распространение получает понимание ограниченности этих теорий. Отсутствие единодушия означает попросту отсутствие новой, более глубокой физической концепции, допускающей возможность взглянуть на современную квантовую механику и теорию относительности с вершины более высокого этапа в развитии физики, необходимость которого очень ясно ощущается всеми» [40].

Читая документы советской эпохи, надо понимать проблему взаимоотношения науки и идеологии в то время, представлять, каким образом удавалось сочетать философскую теорию марксизма и философские принципы научного реализма. Блохинцев, используя фразеологию тех лет, говорит о необходимости развития теоретической физики. Но об этом же говорил и академик Фок — один из главных объектов атак философов в тех дискуссиях. (Фок говорил, что «никто из наших физиков не считает квантовую теорию потолком физической теории».)

«Для всех теоретиков, — пишет далее Блохинцев — совершенно ясна... и понятна недостаточность квантовой механики, а может быть и теории относительности в области ультрамальных масштабов, характерных для элементарных частиц. Переход к новым масштабам должен сопровождаться принципиальными, качественными изменениями теории.

Ни квантовая механика, которая справедлива лишь при малых скоростях движения частиц, ни теория относительности не являются теми теориями, от которых можно ждать фундаментального решения проблем в физике элементарных частиц». «Эти теории образуют, в сущности, пройденный, освоенный этап физики. Новый свет на эти теории не может быть также получен из них самих, а только в результате развития физики элементарных частиц».

«Нет сомнения, что творческое, критическое обсуждение путей развития теории элементарных частиц и теории ядерных сил... является важнейшей предпосылкой успеха в создании новых более общих и глубоких концепций... Приходится отметить, что в настоящее время основные кадры наших физиков-теоретиков в столь большой степени заняты выполнением практических задач, что работа над принципами теории едва теплится, оставаясь в рамках современной квантовой теории».

«Такое положение дел, когда у нас практически не работают над принципами теории, является тем более недопустимым, что все мыслящие физики понимают, что их наука стоит сейчас накануне нового великого перелома и советские теоретики страстно желали бы осуществить этот перелом. Поэтому следует считать совершенно необходимым всемерное расширение теоретических отделов институтов для создания резерва сил для работы

над развитием передовой материалистической теории физики элементарных частиц» [41].

Еще больший интерес представляет анализ состояния и развития советской теоретической физики, подготовленный Блохинцевым в октябре 1953 г. для отдела среднего машиностроения Совета Министров СССР. Этот анализ был сделан в связи с работой комиссии ЦК КПСС по проверке физфака МГУ. Возглавлял комиссию министр среднего машиностроения СССР В. А. Малышев. Инициировало эту проверку обращение группы ведущих ученых (И. В. Курчатов, М. А. Леонович, И. Е. Тамм, Л. А. Арцимович, Д. И. Блохинцев и др.) в Академию наук и Министерство среднего машиностроения.

В своем анализе Блохинцев делит историю развития советской теоретической физики на три этапа и кратко их характеризует. Для первого этапа, к которому он относит период с 1920-х по начало 1930-х годов, характерна ожесточенная борьба между «западниками», освоившими положительные и важнейшие итоги развития мировой науки (квантовую теорию, теорию относительности) и «механистами», стоящими на уровне науки прошлого столетия. «Эта борьба приобрела политический оттенок, т. к. вместе с положительными результатами мировой науки «западники» принесли немало идеалистического хлама. Механисты же отстаивали позиции механического материализма и отличались отсталостью в науке».

Второй этап (середина 1930-х годов — 1945 г.) важен значительными научными достижениями «западников» в различных конкретных областях физики (теория атома, квантовая механика, статистическая физика, физика твердого тела). «В середине 30-х годов зарубежная теоретическая физика должна была самым серьезным образом считаться с достижениями советской физики. Это выразилось в интересе к нашим журналам и нашим конференциям. Некоторые крупные зарубежные ученые печатали свои работы в советских журналах».

Третий этап (послевоенные годы) характеризуется вовлечением всех «работоспособных, знающих физиков-теоретиков (включая и «западников») в работу по прикладной теоретической физике, которая в настоящее время сосредоточилась в Министерстве среднего машиностроения». При этом работа по глубоким проблемам самой теоретической физики, по проблемам завтрашнего дня почти прекратилась, прикладная наука отгородилась от университетов режимом, который во многом неоправдан, студенты не знакомы с достижениями современной советской физики, все ссылки на ускорители, реакторы и т. п. приводятся только из американских и европейских данных, ни в один физический институт невозможно зайти без «допуска», наука потеряла важнейшее свойство — массовость.

Как положительное явление он отмечает, что «в недрах прикладных учреждений сейчас, несомненно, растут прекрасные кадры из молодежи, вполне способные обеспечить дальнейшее развитие советской атомной техники».

Определяя основные задачи теоретической физики, Блохинцев выделяет две большие группы: в прикладной теоретической физике разработки в обла-

сти применений атомной энергии в технике и, собственно, разработку основ теоретической физики.

Его беспокоит отставание нашей теоретической физики, и он предлагает ряд мер (из 12 пунктов), необходимых для ее развития. Среди них такие предложения:

- вернуть массовость нашей науке;
- существенно поощрять работу над проблемами теоретической физики;
- снять режим секретности с работ, не имеющих отношения к технике и производству, рассекретить работы, проводящиеся на ускорителях, и публиковать их обязательным порядком;
- покончить со школьством в вузах и университетах;
- привлечь к преподаванию в вузах ученых, сосредоточенных в прикладных институтах и Министерстве среднего машиностроения. Участие ученых этого Министерства, как считал Блохинцев, «тем более важно, что эти кадры, в значительном большинстве, являются народившейся силой, выходящей за узкие рамки “западников” и “механистов”»;
- на объектах Министерства среднего машиностроения, имеющих кадры молодых теоретиков, развивать работу не только по прикладной теоретической физике, но и по фундаментальным проблемам теоретической физики (теории частиц, теории ядерных сил, теории физполей и т. п.); разрешить публиковать эти работы в общем порядке;
- считать обязательным для руководящих научных работников, занятых в промышленности, участие в научных семинарах и личное ими руководство.

В конце он писал: «Наша страна располагает немалым числом талантливых и способных ученых, которые способны решить самые сложные задачи. Еще больше возможностей скрыто среди подрастающей молодежи. Заботливое и доброжелательное отношение к ней, несомненно, окупится сторицей. Проведение в жизнь мероприятий, намеченных в этом документе, должно создать необходимые предпосылки для успешного развития творческой мысли, а результаты последуют сами собой» [42].

Многие из предложений, высказанных в этой справке Д. И. Блохинцевым, вошли в той или иной редакции в заключение комиссии и в последующее затем Постановление ЦК «О мерах по улучшению подготовки кадров физиков в МГУ».

Насколько сильно волновало Дмитрия Ивановича состояние советской теоретической физики, видно и из его «соображений, относительно предлагаемого совещания по теоретической физике», направленных почти в то же время (ноябрь 1953 г.) начальнику Научно-технического управления Министерства среднего машиностроения В. С. Емельянову. В них Блохинцев пишет:

«В настоящее время как итог того, что у нас в течение длительного времени культивировалось недоверие к возможностям наших ученых, а также в результате отрыва значительной части работоспособных ученых в промышленность, возникло существенное отставание теории, по сравнению с зарубежными странами.

В последние годы в Америке сделаны существенные успехи по квантовой электродинамике («метод перенормировки») и по теории ядра («ядерные оболочки»), а в Дании разработана «коллективная модель ядра», представляющая существенный прогресс по сравнению с «капельной» моделью.

В нашей же стране, в настоящее время, работа по теории протекает, в основном, в рамках дальнейшего развития названных зарубежных идей и по разработке теории отдельных частных явлений».

В этих обстоятельствах он предлагает избежать на совещании обсуждения различных мелких достижений отдельных лиц и обсудить основные вопросы: Как дошли до существующего неудовлетворительного положения? Что делать, чтобы выйти из него? Обсудить эти вопросы с полной откровенностью, проанализировать ошибки прошлого, развернув беспощадную критику тех руководителей, которые не поддерживали новых физических идей в нашей стране, глушили их развитие. Для участия в совещании, наряду с руководящими физиками-теоретиками, предлагает пригласить «наиболее активную и талантливую часть нашей молодежи» [43].

**7. Д. И. Блохинцев в воспоминаниях.** В рассказах современников Блохинцева по Лаборатории «В», которых, к сожалению, все меньше остается в нашем институте, Дмитрий Иванович предстает ярким и неординарным человеком. Чтобы полнее раскрыть его личность и характер, обратимся к воспоминаниям М. Е. Минашина<sup>1</sup>, ученика и соратника Д. И. Блохинцева по созданию Первой АЭС, оставившего наиболее интересные зарисовки о жизни Дмитрия Ивановича в этот период.

«Несмотря на занятость, — вспоминает М. Е. Минашин, — Дмитрий Иванович сохранял свежесть ума, молниеносную реакцию, никогда не утрачивал чувство юмора и, главное, железным образом не допускал расстройства общественно-научной жизни института. В то время казалось, что пропуск физического семинара в Институте был равнозначен взрыву бомбы».

Эти семинары, как писал Блохинцев в одном из приказов по институту, проводились «в целях поднятия научного тонуса производственной жизни Лаборатории «В» и дальнейшего развертывания критического обсуждения выполненных в Лаборатории «В» работ» [44].

«Приходя на работу около 8-ми утра, — продолжает М. Е. Минашин, — он обычно вызывал соответствующих людей, чтобы узнать успехи или неуспехи за вчерашний день. В этих случаях он обычно говорил: «Пока нет начальства, Вы мне расскажите...» Схватывая все с полуслова, он тут же обсуждал какую-либо задачу, советовал как подойти к ней, где и что можно найти полезное. Он не любил скороспелых решений, требовал всестороннего обдумывания, обсуждения со специалистами смежных проблем. Он никогда не упускал случая, чтобы воодушевить своего подчиненного. В таких случаях он говорил: «Ах, если бы не эта текучка, я бы обязательно попробовал решить эту задачу, уж очень она интересна. Но это мне не суждено. Времени

<sup>1</sup> Минашин Михаил Егорович (1921–1995), теплофизик, доктор технических наук (1984), профессор (1988). В 1951–1995 гг. работал в ФЭИ (с 1955 г. — зав. лабораторией, в 1964–1989 гг. — начальник отдела).

нет. Единственное мое преимущество, как директора, состоит в том, что за моим кабинетом есть еще одна комната и мне не приходится далеко ходить и тратить время».

Дмитрий Иванович обладал удивительной способностью быстро решать задачи, получать численные результаты. Вероятно, по этой мерке он оценивал и других людей. Думаю, что именно поэтому он загружал расчетчиков таким объемом расчетных работ, который он сам искренне считал еще не исчерпывающим возможностей, но на выполнение которого не хватало и 16-часового рабочего дня. Не желая упасть перед ним «лицом в грязь», [показать] свою немочь, мы, расчетчики, иногда высказывали в виде просьбы [пожелание] обзавестись электронно-счетной машиной. На что он говорил:

— Вы же знаете, что их нет. Да и зачем Вам машина?

— Как же, Дмитрий Иванович, все наши расчеты построены на всевозможных сшивках, получаются большие системы уравнений, нужна большая точность.

— Ну и что же? Составляйте определители, раскрывайте их, пользуйтесь разложением, пренебрегайте малыми членами, вот вам и решение с помощью обычной линейки. Я не знаю, зачем вы наводите такую точность, когда используете грубые константы?

Но до этих разложений руки не дошли ни тогда, ни потом.

И все же работа вместе с Дмитрием Ивановичем казалась легкой и веселой! В случае, когда у нас что-либо не получалось, мы шли к Дмитрию Ивановичу и всегда получали ответ, что проще всего это делать так-то, или «а эту задачу и решать не надо», потому-то и потому-то.

Несмотря на то, что по мере продвижения проекта Первой АЭС физик Д. И. Блохинцев все более и более втягивался в технику, он все же остался физиком. До последних дней пребывания в Лаборатории «В» он иногда возмущался многими техническими терминами, а в первое время посмеивался над «фамильной алгеброй» некоторых уравнений теплотехники и гидравлики, возмущался по поводу применения таких единиц как «килокалория в час».

— В часах можно измерять только время сна, а не количество переданной энергии. Ну, скажите, зачем Вы используете такую единицу, когда она сама напрашивается сделать из нее хотя бы «калорию в секунду»? Порядок один и тот же!

Превосходство знаний и умения Дмитрия Ивановича в сравнении с нами, его подчиненными, не позволяло нам спорить и, кроме того, оправдывать эти единицы в то время мы еще не могли. Однако превосходство в знаниях Дмитрия Ивановича не оставляло неприятного чувства, так как он всегда использовал его в доброжелательном для собеседника направлении. Переход Дмитрия Ивановича из Лаборатории «В» на новую работу вызвал чувство сожаления у очень многих инженеров, особенно у расчетчиков» [45].

\* \* \*

Рассказывая об обнинском периоде жизни Д. И. Блохинцева, нельзя не вспомнить о его жене С. И. Драбкиной. Серафима Иосифовна стала одним из первых преподавателей созданного при Лаборатории «В» вечернего отделения МИФИ, где преподавала математику и квантовую физику. С большой теп-

лотой и любовью ее до сих пор вспоминают все бывшие студенты. В 1957 г. состоялся первый выпуск вечернего отделения. И выпускники пригласили Дмитрия Ивановича и Серафиму Иосифовну (которые жили и работали уже в Дубне) на праздничное торжество по этому поводу в Обнинск.

\* \* \*

Таким образом, краткий период деятельности Дмитрия Ивановича в ФЭИ — важная страница в истории нашего института. Как уже говорилось вначале, Блохинцев возглавил Лабораторию «В» на переломном этапе ее истории и оставил в ней неизгладимый след. При Блохинцеве численность института выросла в 3,5 раза. Но важнее то, что к середине 1950-х годов (как отмечал сам Дмитрий Иванович в своем выступлении перед коллективом Лаборатории «В» в феврале 1956 г., за три месяца до его перехода в ОИЯИ), институт «из группы новичков, озирающихся на то, что делается у более опытных и могучих соседей, превратился в мощный, квалифицированный коллектив, за плечами у которого немалый опыт в самостоятельном решении больших задач» [46].

Кроме основных направлений деятельности Лаборатории «В», в развитие которых внес большой вклад Дмитрий Иванович, основной его любовью оставалась теоретическая физика. Дмитрий Иванович приложил все усилия, чтобы создать в институте сильный теоретический отдел, ставший гордостью ФЭИ, его мозговым центром. Общеизвестны прекрасные ученые, выросшие в этом отделе: В. М. Агранович, А. С. Давыдов, Д. Ф. Зарецкий, В. Золотухин, А. В. Игнатюк, Б. Б. Кадомцев, Г. И. Марчук, В. В. Орлов, Н. С. Работнов, А. С. Романович, И. П. Стаханов, Л. Н. Усачев и другие, много сделавшие для развития теоретической физики и практических ее приложений. Поэтому период 1950–1956 гг. в истории ФЭИ ветераны нередко называют «Блохинцевским».

Столь же большую роль сыграл в жизни Дмитрия Ивановича и ФЭИ. Здесь он приобрел первый опыт руководства крупным научным коллективом, здесь к нему пришла настоящая мировая слава.

И вполне обосновано в характеристике по выдвижению Дмитрия Ивановича в Академию наук СССР А. К. Красин писал в 1953 г.: «В лице Д. И. Блохинцева страна имеет выдающегося ученого и организатора, смело развивающего научные знания и практически направляющего эти знания на развитие новых областей техники и народного хозяйства» [47].

## **Список литературы**

1. Атомный проект СССР. Документы и материалы. В 3 т./Под общ. ред. Л. Д. Рябева. Саров: РФЯЦ-ВНИИЭФ, 1999. Т. II; Кн. 1. С. 91.
2. Блохинцев Д. И. Мой путь в науке (автореферат работ) // Дмитрий Иванович Блохинцев: К 100-летию со дня рождения/Под общ. ред. Б. М. Барбашова, А. Н. Сисакяна. Дубна: ОИЯИ, 2007. С. 28. (Статья 2 в наст. изд.)
3. Архив ГНЦ РФ-ФЭИ. Ф. 1, оп. 1/с-лс, д. 9, л. 67.
4. Там же. Ф. 1, оп. 1/с, д. 136, л. 40.

5. К истории мирного использования атомной энергии в СССР. 1944–1951 (Документы и материалы) / Минатом России. ГНЦ РФ–ФЭИ; отв. ред. В. А. Сидоренко; сост. Л. И. Кудинова, А. В. Щегельский. Обнинск: ГНЦ РФ–ФЭИ, 1994. С. 106–107.
6. Там же. С. 129–133.
7. Там же. С. 140, 148, 154–155.
8. Блохинцев Д. И. Первая атомная // Вопросы истории. 1974. № 6. С. 111–112.
9. Архив ГНЦ РФ–ФЭИ Ф. 1, оп. 1/с, д. 277, л. 16.
10. Блохинцев Д. И. Рождение мирного атома // Известия. 27 июня 1964 г.
11. Блохинцев Д. И. Первая атомная // Вопросы истории. 1974. № 6. С. 113–114.
12. Архив ГНЦ РФ–ФЭИ. Ф. 1, оп. 1/с-нт, д. 583.
13. Архив ГНЦ РФ–ФЭИ. Ф. 1, оп. 1/с-72, д. 35, л. 22–25.
14. Блохинцев Д. И. Рождение мирного атома. М.: Атомиздат, 1977. С. 41.
15. Архив ГНЦ РФ–ФЭИ. Ф. 1, оп. 1/с-72, д. 35, л. 26.
16. Александров П. А. Академик Анатолий Петрович Александров. Прямая речь. 2-е изд. М.: Наука, 2002. С. 129, 168.
17. Там же. Ф. 1, оп. 1/с, д. 280, л. 9.
18. Там же. Ф. 1, оп. 1/с, д. 589, л. 1–16.
19. Там же. Ф. 1, оп. 1/с, д. 589, л. 1.
20. Кривоносов Ю. И. Около атомного проекта (по материалам архивов КПСС) // История советского атомного проекта: документы, воспоминания, исследования. Вып. 2. СПб.: РХГИ, 2002. С. 378–383.
21. Ф. 1, оп. 1/с-72, д. 35, л. 52.
22. Блохинцев Д. И. Первая атомная // Вопросы истории. 1974. № 6. С. 119.
23. См. ссылку [2]. С. 30.
24. Архив ГНЦ РФ–ФЭИ. Ф. 1, оп. 1/с-72, д. 33, л. 19, 25.
25. Там же. Ф. 1, оп. 1/с, д. 501, л. 89.
26. Там же. Ф. 1, оп. 1/с-72, д. 34, л. 138.
27. Пупко В. Я. История работ по летательным аппаратам на ядерной энергии для космических и авиационных установок в ГНЦ РФ–ФЭИ. Воспоминания // Космический мудрец. Избранные труды. Воспоминания / Под ред. А. Н. Забудько; Сост. В. А. Линник. Обнинск, ГНЦ РФ–ФЭИ, 2007. С. 126–127.
28. Архив ГНЦ РФ–ФЭИ. Ф. 1, 1/с, д. 829, л. 1.
29. Там же. Ф. 1, оп. 1/с, д. 829, л. 21–23.
30. Там же. Ф. 1, оп. 1/с, д. 829, л. 24–28.
31. Там же. Ф. 1, оп. 1/с-нт, д. 169, л. 3.
32. Хлопкин Н. С. Становление морской атомной энергетики // Наука и общество: история советского атомного проекта (40–50-е годы) / Труды международного симпозиума ИСАП-96. М.: ИздАТ, 1997. Т. 1. С. 279–280.
33. Архив ГНЦ РФ–ФЭИ. Ф. 1, оп. 1/с-нт, д. 169, л. 2–3.
34. Гончаров Г. А. Хронология основных событий истории создания водородной бомбы в СССР и США // Наука и общество: история советского атомного проекта (40–50-е годы) / Труды международного симпозиума ИСАП-96. М.: ИздАТ, 1997. Т. 1. С. 244–245.
35. Гончаров Г. А. Термоядерный проект СССР: предыстория и десять лет пути к водородной бомбе // История советского атомного проекта: документы, воспоминания, исследования. Вып. 2. СПб.: РХГИ, 2002. С. 107.

36. Архив ГНЦ РФ–ФЭИ. Ф. 1, оп. 1/с, д. 205, л. 127.
37. Читайкин В. И. О работах Физико-энергетического института по термоядерному оружию // Наука и общество: история советского атомного проекта (40–50-е годы) / Труды международного симпозиума ИСАП-96. М.: ИздАТ, 1999. Т. 2. С. 472, 474.
38. Харитон Ю. Б., Адамский В. Б., Смирнов Ю. Н. О создании советской водородной (термоядерной) бомбы // Наука и общество: история советского атомного проекта (40–50-е годы) / Труды международного симпозиума ИСАП-96. М.: ИздАТ, 1997. Т. 1. С. 205–206.
39. Архив ГНЦ РФ–ФЭИ. Ф. 1, оп. 1/с, д. 227, л. 1.
40. Там же. Ф. 1, оп. 1/с, д. 227, л. 2–3.
41. Там же. Ф. 1, оп. 1/с, д. 227, л. 4–5.
42. Там же. Ф. 1, оп. 1/с, д. 431, л. 5–14.
43. Там же. Ф. 1, оп. 1/с, д. 431, л. 17–18.
44. Архив ГНЦ РФ–ФЭИ. Ф. 1, оп. 1/с, д. 729, л. 82.
45. Там же. Ф. 1, оп. 1/с-72, д. 35, л. 26–27.
46. Там же. Ф. 1, оп. 1/с, д. 875а, л. 30.
47. Там же. Ф. 1, оп. 1/с, д. 501, л. 90.

## 46

# УЧЕНЫЙ И ИНЖЕНЕР<sup>\*</sup>

*I. M. Франк*

Мы прослушали здесь на заседании короткую магнитофонную запись выступления Дмитрия Ивановича. Радостно было услышать его так хорошо знакомый голос. Из длинной цепи воспоминаний, возникших в связи с этим в моей памяти, я расскажу только о немногом. Начну с недавних событий.

Вы знаете, что реактор ИБР-2 в 1982 г. стал инструментом для работы физиков. Горько сознавать, что Дмитрий Иванович не дожил до этого времени. С самого начала работы по созданию ИБР-2 Д. И. Блохинцев был научным руководителем его проекта. Он с увлечением занимался этой инженерной работой до последнего дня своей жизни, т. е. в течение примерно 10 лет. Мне кажется, что в этой деятельности у него проявились такие особенности характера, которые довольно редко сочетаются в одном человеке. Он умел трезво оценивать ситуацию, никогда не приуменьшая трудностей и даже, пожалуй, их подчеркивая. Вместе с тем он обладал удивительным оптимизмом и находчивостью, позволявшими ему предлагать оптимальный выход из трудных положений. При этом его исключительно тонкое и меткое остроумие поддерживали бодрость и облегчали работу коллектиvu.

Вернемся теперь на четверть века и даже более, чем на четверть века, назад. Зародился первый ИБР. Хотя в этой работе участвовали многие специалисты, но на всем пути, от возникновения идеи и до осуществления ее в Дубне, этот маленький реактор был детищем Дмитрия Ивановича. Недавно кто-то совершенно правильно вспомнил его слова о том, что это было приданым, которое он привез из Обнинска. ИБР — реактор принципиально новой конструкции, и поэтому работа по его созданию вовсе не была безоблачной и простой. Появились всякого рода мрачные предсказания. Одни «пророки» утверждали, что ИБР — это установка, которую нельзя строить, потому что она опасна и может взорваться. Жизнь опровергла это утверждение, но в свое время Дмитрию Ивановичу пришлось доказывать, что это не так. Второе возражение опровергнуть было еще труднее. Рассуждение было таково: длительность нейтронной вспышки в реакторе ИБР — десятки микросекунд, и ее якобы даже в принципе укоротить нельзя. Ускоритель способен давать значительно более короткие вспышки. Поэтому для нейтронной спектроскопии неизмеримо лучшим является ускоритель, а ИБР вообще строить не следует. Противопоставление ускорителей ИБРу на самом деле

---

\* Труды семинара, посвященного 75-летию со дня рождения Д. И. Блохинцева (Дубна, 23 января 1983 г.). Дубна: ОИЯИ 85-570, 1986. С. 21–24.

незаконно. Каждая из этих установок имеет свои преимущества, в известной мере дополняющие друг друга. Дмитрию Ивановичу и мне пришлось это доказывать. Когда создание ИБРа в 1960 г. было осуществлено, то опыт его эксплуатации показал, что это в самом деле так. Действительно, имеется множество задач, в которых нет необходимости в предельно высоких разрешениях нейтронного спектрометра, т. е. в очень коротких нейтронных вспышках, но зато важна их большая интенсивность, особенно в области тепловых и медленных нейтронов. Это свойственно реакторам типа ИБР.

Здесь уже говорилось о том, что многие идеи Дмитрия Ивановича имеют счастливую судьбу. Это относится и к его инженерной работе по созданию первого реактора ИБР. Реактор строился для работ по нейтронной спектроскопии. Как оказалось, это далеко не единственное его назначение. Работы сотрудников Лаборатории нейтронной физики, особенно Ф. Л. Шапиро, показали, что он очень перспективен и для исследований конденсированных сред. Такие исследования с применением нейтронов в 60-е годы только еще зарождались, а импульсных методов для этих целей просто не существовало. И вот на ИБРе они были развиты. Эта возможность оказалась необычайно плодотворной. Сейчас в различных странах строятся установки специально для исследования конденсированных сред импульсными методами. Еще одно существенное усовершенствование ИБРа состояло в соединении реактора с ускорителем-инжектором. Стало возможным получать короткие нейтронные вспышки, необходимые для ряда исследований по ядерной физике. Так было опровергнуто утверждение, что длительность импульса ИБРа принципиально невозможно сократить. Первый ИБР в 1969–1970 гг. был реконструирован, и мощность его повышена почти на порядок. Новый реактор — ИБР-30 и сейчас стоит в одном ряду с лучшими исследовательскими источниками нейтронов. На нем выполнен ряд первоклассных работ и, в частности, в 1981 г. сотрудниками Лаборатории нейтронной физики сделано открытие резонансного эффекта несохранения четности.

Таким образом, последующее развитие в Лаборатории нейтронной физики первого реактора, который появился благодаря Д. И. Блохинцеву, оказалось очень плодотворным.

В этой цепочке появление ИБР-2, конечно, не было случайным — это закономерное следствие того, что было выяснено в предшествующие годы. В самом деле, как показали физики, при сравнении возможностей проведения целого ряда исследований на реакторе ИБР и на обычном реакторе надо сравнивать импульсный поток нейтронов со стационарным потоком в этих установках. Однако стационарный поток в лучших современных исследовательских реакторах уже достиг предела, повышать который практически невозможно. Что касается импульсного реактора типа ИБР, то в нем таких ограничений нет. Именно эта идея и была заложена в реакторе ИБР-2, и она действительно оправдалась. Сейчас ИБР-2, в создание которого Дмитрий Иванович вложил так много труда, по своему импульсному потоку превосходит в несколько раз все, чем располагают физики в других местах.

Теперь я хотел бы от нашего времени мысленно вернуться далеко назад. В 20-е годы вместе с Д. И. Блохинцевым, М. А. Марковым, С. И. Драбкиной,

В. В. Антоновым-Романовским и др. мы учились в одной группе Московского университета. В прослушанной нами сейчас магнитофонной записи выступления Дмитрия Ивановича содержится упоминания о заводе «Светлана» и об академике Векшинском. Упоминание не случайное. Перед окончанием университета Дмитрий Иванович был направлен на практику в Ленинград на завод «Светлана» и работал там в заводской лаборатории, которой руководил С. А. Векшинский. Перед ним была поставлена сложная экспериментальная задача — сделать спектральный анализ нити лампы, которая имелась в единственном экземпляре и при анализе разрушалась. Он справился с этим блестяще. Я в то время также был на практике в Ленинграде и живо помню и это и, разумеется, многое другое из нашей студенческой жизни.

В заключение хочу вспомнить о дне, который отстоит от нашей студенческой поры менее чем на десять лет, то есть на срок не очень большой с точки зрения людей моего поколения. Я имею в виду защиту Дмитрием Ивановичем диссертации на Ученом совете физического факультета Московского университета. Защита прошла прекрасно, и вместо кандидатской степени ему была сразу присуждена степень доктора наук. Было отчетливо видно, что Дмитрий Иванович, бесспорно, сложившийся ученый, уже внесший весомый вклад в науку. Ведь степень доктора, минуя степень кандидата, редко когда дают. Важнее, пожалуй, другое. Всем присутствовавшим на защите стало очевидно: перед ними выступил ученый, работы которого богаты идеями и новыми начинаниями. Возникло впечатление, что Дмитрий Иванович — это человек, перед которым открыта широкая дорога в будущее науки. Мы знаем, что это впечатление оказалось правильным.

## 47

### СТРАСТНЫЙ БОРЕЦ ЗА МИР<sup>\*</sup>

*В. П. Джелепов*

Здесь было много сказано о Дмитрии Ивановиче Блохинцеве как об ученом с мировым именем, о его выдающемся вкладе в теоретическую физику атомного ядра и элементарных частиц, в разработку и создание атомных реакторов, стационарных и импульсных, в акустику, в философию и методологию, естествознание и многие другие области науки и техники. Дмитрий Иванович был действительно удивительно одаренным не только в научном плане, он был человеком глубокого и широкого интеллекта.

Я хочу коснуться здесь еще ряда замечательных и впечатляющих граней его натуры. Он был тонким знатоком живописи и сам прекрасно рисовал: акварелью, маслом, карандашами. Рисовал быстро и при этом всегда тонко и в то же время четко выражал в рисунке свою главную идею и мысль. Он всегда очень охотно показывал свои рисунки, в особенности новые, и, бывая в его доме, я всякий раз испытывал большое удовольствие, рассматривая их.

Особенно его волновала мысль о будущем человечества в условиях овлачения атомной энергией, и на эту тему у него было написано довольно много картин.

Дмитрий Иванович очень любил посещать музеи, картинные галереи, выставки. Я помню, как всякий раз, когда мы бывали на конференциях за рубежом: в Нью-Йорке, Чикаго, Париже, Женеве, Вене, Токио, Будапеште, Берлине — он говорил: «Нужно найти время, чтобы обязательно посмотреть такую-то галерею или такой-то музей». И мчался туда, а возвращаясь, ярко рассказывал о виденном. Благодаря ему я побывал в ряде музеев, куда у меня не хватило бы фантазии пойти.

Он обладал редким даром подсмотреть и увидеть то, что другие не видели и не поняли. Было бы хорошо как-нибудь организовать в Дубне выставку его рисунков. Но, как я узнал только что (и это очень приятно), сегодня мы сможем увидеть несколько диапозитивов, сделанных с его картин.

Дмитрий Иванович был большим патриотом нашей Родины и активным пропагандистом последовательно проводящейся КПСС ленинской политики мирного сосуществования государств с разными политическими системами, активным борцом за мир. Особенно ярко об этом свидетельствует тот факт, что именно он явился руководителем создания первой атомной установки, ко-

---

\* Труды семинара, посвященного 75-летию со дня рождения Д. И. Блохинцева (Дубна, 23 января 1983 г.). Дубна: ОИЯИ 85-570, 1986. С. 32–35.

торая имела единственное предназначение — использование ядерной энергии в мирных целях. Я имею в виду первую в мире атомную электростанцию, построенную под руководством Дмитрия Ивановича в Обнинске. Ее сооружение явилось яркой демонстрацией мирного политического курса, по которому идет наша страна. Это важное обстоятельство было отмечено многими политическими деятелями разных стран. В своей книге «Рождение мирного атома» Дмитрий Иванович говорит, например, что Генеральный секретарь Коммунистической партии Италии П. Тольятти во время посещения атомной электростанции подчеркнул политическое значение пуска первой атомной электростанции в Советском Союзе как убедительную демонстрацию мирных намерений страны Советов и доказательство технической возможности мирного использования атомной энергии. До этого, — заметил П. Тольятти, — у нас в народе часто говорили: СССР и США — это «*Bomba atomica*».

Говоря о затронутой мною теме глубоко гуманного мировоззрения Дмитрия Ивановича, его активной позиции в деле защиты мира, я хочу рассказать вам один эпизод. Это произошло во время пребывания нашей небольшой советской делегации в составе Д. И. Блохинцева (глава делегации), С. Я. Никитина, Л. Б. Окуния и меня в США в начале ноября 1957 г. Там, неподалеку от Сан-Франциско, в Стенфордском университете проходила международная конференция, посвященная исследованиям структуры нуклонов с помощью частиц высоких энергий. Организатором конференции являлся известный американский физик, лауреат Нобелевской премии Роберт Хоффстадтер. Я хорошо помню, это было утром 4 ноября 1957 года. Мы только что вошли в здание университета, и тотчас же нас обступила группа американских физиков. Они сообщили, что вчера в нашей стране запущен большой искусственный спутник Земли, и наперебой спрашивали: правда ли? Что вы об этом знаете? Мы не слышали радио и, естественно, ничего не знали, но сказали, что если об этом сообщил ТАСС, то это значит именно так, и нам приятно слышать о таком выдающемся достижении науки и техники нашего государства.

Американцы были потрясены этим событием, обескуражены и одновременно на их лицах можно было заметить выражение большой обеспокоенности. Началось заседание конференции, и все отвлеклись от этого события. Однако в перерыве проф. Хоффстадтер сказал нам, что сегодня вечером он очень хотел бы видеть всю нашу делегацию у себя дома. Когда в назначенный час мы пришли к Хоффстадтеру, там было полно людей, большая часть из них — американские физики с женами. Нас начали поздравлять, а потом поочередно, всем сразу и каждому в отдельности, наперебой задавать вопросы: «Что теперь будет? Советский Союз привезет на спутнике атомную бомбу и бросит ее на Америку? Ведь на то, чтобы достичь Америки, потребуется всего лишь 30 минут! У нас в Америке нет ничего подобного, и мы беззащитны. Ваша страна теперь может сделать все, что хочет, с американцами» и т. д.

В самый разгар этих разговоров попросил слово Дмитрий Иванович. Все затихло и наполнилось вниманием. Он говорил немного, но, как всегда, ярко:

— Дорогие коллеги! Событие, которым мы все здесь взволнованы, действительно, имеет выдающееся значение. Оно войдет в историю и сохранится

в памяти народов Земли как высочайшее достижение человеческого разума. Все мы испытываем чувство гордости за нашу страну. Но, господа, полет Спутника, который всего за 90 минут облетел земной шар, продемонстрировал нам всем, насколько мал шарик, на котором мы живем. Как близко мы живем друг от друга, всего в 30 минутах пути. Но я хочу вас заверить, и вся наша делегация твердо убеждена в том, что правительство нашей страны никогда не использует это огромное достижение для целей военного нападения на какую-либо страну или народ. Весь народ нашей страны был глубоко потрясен и возмущен, когда по распоряжению президента Трумэна были сброшены атомные бомбы на Хиросиму и Нагасаки и когда были погублены в течение нескольких мгновений сотни тысяч людей и в пепел были обращены эти города. Наше правительство никогда не встанет на путь шантажа и угроз, на который тотчас после взрыва первой атомной бомбы в Лос-Аламосе встало правительство Трумэна. Вы сможете в этом убедиться. Но я хочу обратить ваше внимание на то, что в сложившейся ситуации необходимо нацело отвергнуть политику противостояния, политику гонки вооружений, прислушаться к голосу разума, и от политики вооружений и конфронтаций перейти к политике мирного сосуществования, к политике широкого научно-технического сотрудничества в области использования ядерной энергии в мирных целях. И мы, ученые, в первую голову должны приложить максимум усилий к этому.

Последние слова Дмитрия Ивановича вызвали бурные аплодисменты. Они сняли напряжение. Страсти остали. Американцы поблагодарили Дмитрия Ивановича за его страстную речь, и вечер прошел под знаком триумфа советской науки и техники.

К этим своим мыслям Дмитрий Иванович в последующем возвращался неоднократно, и, в частности, в сентябре 1960 года на Рочестерской конференции там же в США, выступая при закрытии конференции, он сказал:

— Сейчас, когда конференция подходит к концу, мы сознаем, что узнали много новых вещей, и что эта конференция — новый шаг в нашем проникновении в загадочный мир элементарных частиц. Мы надеемся и в будущем иметь еще много подобных встреч, которые помогут нам открыть и понять новые вещи и идеи. Но эти встречи имеют и другую сторону. Здесь я прочел в газетах, что «физики игнорируют напряженность в мире». Я думаю, что другого отношения трудно было бы ожидать. Это объясняется тем, что наша планета становится все меньше и меньше. В 1957 году нам потребовалось около 20 часов, чтобы долететь до вашего континента. Сейчас потребовалась только половина этого времени. И я думал в самолете, что все мы, люди планеты, — не что иное, как пассажиры большого космического корабля, летящего в темном и мрачном пространстве. Глупо и безрассудно ссориться в этой ситуации. Я могу вас уверить, что наш народ, строящий новое общество, верит в необходимость и возможность не только сосуществования, но и настоящей дружбы между нашими народами. Мы теперь понимаем остроту демографических и экологических проблем, общих для всех людей — обитателей небольшой голубой планеты.

В заключение, для полноты характеристики Дмитрия Ивановича, я хотел бы отметить еще ряд его замечательных качеств. Он был очень остроумным человеком, большим интернационалистом и недюжинным дипломатом. Один только штрих к его остроумию и находчивости. После доклада Дмитрия Ивановича о первой АЭС на Женевской конференции по мирному использованию атомной энергии в августе 1955 года один из американских корреспондентов спросил его (цитирую по упоминавшейся мною ранее книге Дмитрия Ивановича): «У нас утверждают, что реактор вашей АЭС похож на реактор нашей подводной лодки “Наутилус”. Случайно ли это?» На что Дмитрий Иванович ответил: «Конечно, нам было бы крайне интересно знать, как устроен реактор лодки “Наутилус”. Если Ваше заявление авторитетно, то Вы сообщаете мне крайне ценные сведения (хочут среди журналистов). Впрочем, где бы ни стали делать лошадь, в общих чертах она будет похожа на другую. Законы природы одинаковы для всех стран, наций и политических систем».

Внутренний дар Дмитрия Ивановича находить правильные подходы к решению проблем международного научного сотрудничества и его дипломатические способности заметил в нем зоркий глаз И. В. Курчатова, обладавшего удивительным умением видеть в людях подчас еще не открывшуюся способность выполнить то или иное крупное и высокоответственное дело. Это Игорь Васильевич рекомендовал назначить Дмитрия Ивановича первым директором нашего Международного ядерного центра в Дубне — Объединенного института ядерных исследований. Все мы, работавшие с Дмитрием Ивановичем и в период, когда он был директором Института, и позднее, когда руководил работой Лаборатории теоретической физики Института, с большой теплотой вспоминаем эти годы.

Его уход из жизни является большой утратой для Дубны и для советской науки. Его основополагающие труды обогатили мировую науку, и его имя всегда будет жить среди людей.

## 48

### ТРИДЦАТЬ ЛЕТ НАЗАД\*

*B. C. Баращенков*

Д. И. Блохинцев был человеком необычайно широких интересов. При этом некоторые из его «нефизических увлечений» заходили так глубоко, что он становился одним из признанных авторитетов в соответствующей области. Одним из таких многолетних увлечений Дмитрия Ивановича были его занятия философией. В 50-е гг. после известных коллизий с кибернетикой и генетической биологией в среде физиков, особенно среди молодежи, было распространено скептическое отношение к философии. Многим, в том числе и мне, тогда казалось, что философия, канонизируя полученные естествознанием результаты, превращает их в освященные авторитетами догмы, и тем самым возводит барьеры на пути науки.

Д. И. Блохинцев был в то время одним из немногих известных физиков, которые продолжали печататься в философских сборниках и журналах. Однажды я спросил его, зачем он тратит время на «этую философию, которая цементом заливает мысль и мешает свободно думать». Мы шли поздним вечером по аллее Морозовского парка в Обнинске. Вокруг стояли высокие сосны, было темно и лишь далеко впереди на ветру раскачивался яркий фонарь. Дмитрий Иванович на мгновение задумался, а потом показал рукой на этот фонарь:

— Вон фонарь. Если Вы будете смотреть только на него, он Вас ослепит, и Вы скоро начнете спотыкаться о пни и колоды. Так что же, и фонарь не зажигать? Философия — это тот же фонарь в науке. Вот как ни крутим мы коммутаторы координат и времени, а бесконечности у нас все равно остаются (мы в то время занимались нелокальными полями). Знаете, сколько ни говори слово «халва», во рту слаше не будет. Может, дело в том, что пространство и время микрочастицы — это совсем не то, к чему мы привыкли? А это уже — философия, и еще какая! Вы когда-либо задумывались о том, что главное, основное в пространстве и времени? Может быть, вот тут-то лягушка как раз и прыгает в воду?

Этот ответ меня настолько поразил, что потом дома я записал его почти дословно и позднее не раз вспоминал.

Оказалось, что Дмитрий Иванович также не забыл ночного разговора о смысле философии, и вернулся к нему десять лет спустя, уже в Дубне.

---

\* Труды семинара, посвященного 75-летию со дня рождения Д. И. Блохинцева (Дубна, 23 января 1983 г.). Дубна: ОИЯИ 85-570, 1986. С. 43–44.

В то время я занимался дисперсионными расчетами по проверке причинности в связи с опытами по пион-нуклонному рассеянию, которые проводили в ЛВЭ В. А. Свиридов с сотрудниками, а в США, в Брукхейвенской лаборатории, группа Линденбаума. Результаты расчетов хорошо согласовывались с данными дубненских физиков и качественно (несовпадала не только величина, но и ее знак) противоречили измерениям, выполненным в Брукхейвене. Позднее выяснилось, что эти измерения содержали методические погрешности, но в то время факт противоречия дисперсионной теории выглядел как указание на нарушение причинности в микроскопических интервалах пространства-времени. Незадолго до этого Н. Н. Боголюбовым было показано, что требование причинности — одно из основных условий, лежащих в фундаменте вывода дисперсионных соотношений, поэтому расхождение расчета и эксперимента выходило далеко за рамки чисто физического результата. Вставал вопрос о поисках каких-то более общих формулировок причинности, чем те, которые нам известны, и вообще — о законности применения пространственно-временного языка для описания микроявлений.

Однажды поздним вечером, после одного из затянувшихся обсуждений в ЛТФ, я провожал Дмитрия Иванович домой. Было темно и лишь далеко впереди мерцали фонари.

— Помните разговор о философии и фонарях в Морозовском парке? Почему бы Вам не написать короткую статью в «Вопросы философии» о причинности с точки зрения физика? Ведь некоторые считают ее совершенно неизменной, «богом данной», а смотрите, как дело-то поворачивается! Мы слишком мало размышляем об общих проблемах и часто пытаемся ломиком копаться в часовом механизме.

Через пару дней я показал Дмитрию Ивановичу текст статьи. Это была моя первая статья по философии.

## 49

# О ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ РАБОТЕ Д. И. БЛОХИНЦЕВА В МОСКОВСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ ИМ. М. В. ЛОМОНОСОВА\*

*И. М. Тернов*

С Московским университетом Дмитрий Иванович Блохинцев был связан с 1926 года, когда он поступил на физический факультет МГУ. Наибольшее влияние на него в студенческие годы, как он сам говорил, оказали Л. И. Мандельштам, С. И. Вавилов, Н. И. Лузин, Д. Ф. Егоров, под влиянием которых он стал специализироваться по теоретической физике. По окончании университета он был оставлен в аспирантуре. Годы учебы в МГУ и время пребывания в аспирантуре совпали с периодом возникновения квантовой механики и ее широкого и успешного применения при анализе многих загадочных физических явлений, происходящих в атомах вещества.

Наряду с активной научной работой в этот период Д. И. Блохинцев начинает читать с 1933 года (после окончания аспирантуры) несколько теоретических курсов и, в частности, курс квантовой механики. В дальнейшем на основе лекций им был написан первый в мире систематический университетский учебник «Основы квантовой механики» (1944 г.), переиздававшийся, с изменениями и дополнениями, и выдержавший двадцать два издания на девяти языках. За него Д. И. Блохинцеву присуждена Государственная премия СССР. В 1934 году Д. И. Блохинцев защищает докторскую (сразу, как исключение) диссертацию, и в 1935 году становится профессором МГУ. С тех пор в этой должности он непрерывно работает на физическом факультете МГУ заведующим кафедрой теоретической ядерной физики.

В 1961 году, будучи директором Объединенного института ядерных исследований, Д. И. Блохинцев стал инициатором и организатором филиала НИИЯФ МГУ в Дубне, на базе ОИЯИ, где студенты и аспиранты, теоретики и экспериментаторы, специализирующиеся по физике атомного ядра и элементарных частиц, могли бы учиться непосредственно в атмосфере научного поиска, активно участвовать в формулировке и разработке новых направлений в теоретической и экспериментальной физике. На этой плодотворной основе филиал НИИЯФ МГУ существует уже более двадцати лет.

Можно с уверенностью сказать, что пример организации учебного процесса на базе крупнейшего международного Объединенного института ядерных

\* Труды семинара, посвященного 75-летию со дня рождения Д. И. Блохинцева (Дубна, 23 января 1983 г.). Дубна: ОИЯИ 85-570, 1986. С. 45–49.

исследований в Дубне явился чрезвычайно важным для развития университетского образования. Следует заметить, что Московский университет никогда бы сам не смог создать подобную научно-исследовательскую базу.

Начиная с 8 семестра студенты кафедры обучаются в Дубне и слушают ряд курсов по современным вопросам физики. Им читали лекции профессора Д. И. Блохинцев, Б. М. Понтекорво, М. Г. Мещеряков, В. Г. Соловьев, В. В. Балашов, Б. М. Барбашов, доктора физ.-мат. наук С. М. Биленький, Н. М. Плакида, Ю. Ф. Смирнов, В. Б. Беляев, Б. Н. Захарьев, Г. В. Ефимов, доцент С. П. Иванова.

В частности, Д. И. Блохинцев читал курс «Дополнительные главы квантовой механики», на основе которого появилась его монография «Принципиальные вопросы квантовой механики» (1966 г.), переведенная на английский и французский, японский и др. языки.

Со студентами кафедры теоретической ядерной физики ведутся активные занятия по специальности «Прикладная математика» на базе Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ, обладающей уникальным вычислительным комплексом, обширными библиотеками стандартных программ.

Поэтому учебный план кафедры с самого начала предусматривал обучение студентов по двум специальностям — «Ядерная физика» — кафедра Д. И. Блохинцева и «Прикладная математика».

Базой кафедры явилась Лаборатория теоретической физики ОИЯИ. Тем самым научная работа студентов и аспирантов кафедры Д. И. Блохинцева была неразрывно связана с научно-тематическими планами Лаборатории теоретической физики, крупнейшей в мире, и определялась ими.

С 8 семестра каждый студент имеет научного руководителя, так что достигается индивидуальное обучение студентов.

В силу того, что студент попадает в активно работающую научную группу, тема его производственной практики, дипломной работы составляет часть одной из тем, утвержденных планом работы Лаборатории теоретической физики. Поэтому, как правило, дипломная работа публикуется.

На кафедре Д. И. Блохинцева ежегодно обучалось примерно 15 студентов и 5–6 аспирантов. Важной особенностью в работе этой кафедры было то, что на ней обучались в форме прикомандированных к филиалу НИИЯФ МГУ многие студенты более чем из тридцати университетов страны (Кишиневского, Саратовского, Дальневосточного, Башкирского, Азербайджанского, Гомельского, Тбилисского, Ереванского и др.) — по 5–10 человек в год.

Все они имели такие же прекрасные возможности проходить обучение в коллективе Лаборатории теоретической физики ОИЯИ, как и студенты МГУ. Это была очень эффективная и в своем роде уникальная форма помощи периферийным вузам.

В целом, как мы видим, опыт кафедры ядерной физики под руководством Д. И. Блохинцева содержал целый ряд ярких новаторских моментов.

Вернемся к учебнику Д. И. Блохинцева «Основы квантовой механики». Причины отмеченного выше широкого признания этой книги-курса лежат

в том, что развернутый университетский учебник Д. И. Блохинцева с необходимой полнотой освещает как принципиальные вопросы квантовой механики, так и важнейшие физические приложения. Он написан столь ясным языком как с физической, так и с математической точек зрения, что оказался доступным широким студенческим кругам инженерно-физических, химических, педагогических и других учебных заведений как раз в ту эпоху, когда происходило бурное освоение атомной энергии, и квантовая механика очень быстро становилась инженерной наукой.

Д. И. Блохинцев постоянно обновлял материал учебника, добавив, в частности, в 5-е издание (1965 г.) материалы о континуальном интегрировании по траекториям Фейнмана, о полюсах амплитуды рассеяния, аналитически продолженной в комплексную плоскость переменной углового момента (полюса Редже) и т. д.

Важной оригинальной чертой учебника Д. И. Блохинцева явилось большое внимание, которое там уделено методологическим вопросам. Д. И. Блохинцев писал в предисловии к пятому изданию (1976 г.): «Я всегда придавал большое значение правильной методологии, без владения которой даже самый отличный ум приобретает оттенок ремесленничества». Поэтому материалистическая методология где явно, где менее явно, пронизывает всю книгу.

Д. И. Блохинцев — автор концепции квантовых статистических ансамблей, которую он изложил в своем учебнике. Его подход, обладая большой эвристической силой, помогает устраниТЬ ряд внутренних противоречий в интерпретации квантовой механики и установить тесную связь между квантовой механикой и статистической физикой. Эта концепция «московской школы», в отличие от более популярной концепции «копенгагенской школы», отводит более скромную роль наблюдателю, и повсюду подчеркивает объективный характер квантовых ансамблей и управляющих ими закономерностей.

Особенно подробно эти вопросы обсуждаются в монографии Д. И. Блохинцева «Принципиальные вопросы квантовой механики» (1966 г.) и в книге «Квантовая механика» (лекции по избранным вопросам, 1981 г.). В этих работах Д. И. Блохинцеву удалось прояснить важные вопросы теории измерений, бывшие неясными у Н. Бора.

Первостепенную роль здесь играет статистический оператор (матрица плотности), описывающий состояние микросистемы в квантовом ансамбле общего типа, состоящем из повторения макроскопической обстановки  $\mathcal{M}$  и находящейся в ней микросистемы  $\mu$ . Д. И. Блохинцев впервые отметил, что включение в рассмотрение квантово-механическими методами макроскопического прибора требует описания всей ситуации методом матрицы плотности  $\rho_\mu$ , т. е. методами теории открытых систем.

Д. И. Блохинцевым сделан вывод о том, что макроскопическая система  $B$  будет служить измерительным прибором для определения величины  $L$ , присущей микрочастице  $\mu$ , если с течением времени  $t$  исчезнут интерференционные члены в статистическом операторе:

$$\rho(x, Q | x', Q'; t) = \sum_{n,m} R_{nm}(Q | Q'; t) \psi_n(x) \psi_m^*(x),$$

где  $Q$  — координаты системы  $B$  (формула (11.13) в книге «Квантовая механика. Лекции по избранным вопросам», 1981 г.).

Указанный важный общий вывод иллюстрируется некоторыми конкретными примерами. В таком изложении не возникают парадоксы, связанные со скачкообразным изменением волновой функции микрообъекта  $\mu$  в результате измерения, например, стягивание волнового пакета

$$\psi_\mu(x) = \sum_n C_n \psi_n(x) \rightarrow \psi_n(x),$$

если измерено  $L = L_n$ .

Д. И. Блохинцев с удовлетворением писал по этому поводу в предисловии к своей книге «Квантовая механика. Лекции по избранным вопросам», 1981 г.: «Я надеюсь, что в этих лекциях мне удалось заполнить все пробелы в этом “московском” понимании квантовой механики, дополнив ее теорией измерений».

## Список литературы

1. *Самойлович А. Г.* Рецензия на книгу Д. И. Блохинцева «Введение в квантовую механику». М.: Гостехиздат, 1944; УФН. 1946. Т. 30, вып. 3–4. С. 345.
2. *Барбашов Б. М.* Дмитрий Иванович Блохинцев (К шестидесятилетию со дня рождения) // УФН. 1968. Т. 94, вып. 1. С. 185–187.
3. *Боголюбов Н. Н. и др.* Дмитрий Иванович Блохинцев (К семидесятилетию со дня рождения) // УФН. 1978. Т. 124, вып. 1. С. 193–196.
4. *Ширков Д. В.* Новое издание популярного учебника (Рецензия на учебник Д. И. Блохинцева «Основы квантовой механики». М.: Наука, 1976. 5-е изд.) // УФН. 1978. Т. 124, вып. 1. С. 197–198.
5. *Боголюбов Н. Н. и др.* Памяти Дмитрия Ивановича Блохинцева // УФН. 1980. Т. 130, вып. 1. С. 185–188.

## **50**

# **СТРОЕНИЕ ВЕЩЕСТВА, КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА И НОВЫЙ ЯЗЫК ФИЗИКИ: УРОКИ Д. И. БЛОХИНЦЕВА**

*A. L. Куземский*

**1. Д.И. Блохинцев и моя учеба в МГУ.** Летом 1959 г. я впервые приехал в Москву. Главным моим занятием в этой поездке была покупка книг по физике и математике. В моем городе, Донецке, именно с этими книгами были проблемы. Приходилось ходить в городскую библиотеку, благо она располагалась прямо напротив моей школы. Одной из первых купленных мною книг был «Элементарный учебник физики» под ред. Г. С. Ландсберга в 3-х томах. В то время в книжных магазинах Москвы можно было найти практически любую книгу. Я собрал два больших чемодана книг, которые и увез с собой. Среди этих книг был сборник Дж. К. Максвелла «Статьи и речи», и его же «Материя и движение». Уже тогда я делал выписки из книг. Одно высказывание Максвелла особенно запомнилось: «Наука захватывает нас только тогда, когда, заинтересовавшись жизнью великих исследователей, мы начинаем следить за историей развития их открытий». В книге М. Фарадея «Силы материи и их взаимоотношения» [1] я нашел объяснение этим словам Максвелла. Именно Фарадея он имел в виду; именно изучение записных книжек Фарадея в значительной мере подтолкнуло Максвелла к построению теории электромагнитных процессов. Об этом же рассказывалось в увлекательной форме в книге «Михаил Фарадей» В. Оствальда. Роль примеров и знаковых ученых в истории науки общеизвестна. Поэтому не случайно ценные страны начинали свое развитие науки с культурного образования образа ученого, достойного подражания. Как сообщается в авторитетной монографии [2], «одна из первых фундаментальных книг по психологии научного творчества — “Великие люди” [3] — была написана в начале XX в. выдающимся немецким химиком В. Оствальдом (1853–1932) [4] по просьбе Министерства просвещения Японии, стремившегося, опираясь на “европейские методы организации научной работы, наладить рациональную систему воспитания и подбора научных кадров”». Между прочим, Я. А. Смородинский позже рассказывал мне, что именно книга В. Оствальда «Великие люди», прочитанная им в юности, определила его интерес к науке и на многие годы сформировала его понимание научного творчества. Я убежден, что подробная научная биография Д. И. Блохинцева послужила бы делу возрождения интереса к науке среди молодежи в России, не менее чем в свое время книга В. Оствальда.

Среди книг, купленных мною в Москве, были первые издания книг по квантовой механике Гейзенberга, Дирака, Фока и Гэрни. Была

среди них и книга Д. И. Блохинцева «Введение в квантовую механику» (1-е издание). В 1959 г. в городской библиотеке Донецка я прочитал статью Д. И. Блохинцева «Новые представления об электроне», опубликованную в журнале «Природа» [5]. Нужно сказать честно, что я мало что мог понять в этой статье; кроме того, очень затрудняли чтение непонятные слова «эмпириокритицизм», «неисчерпаемость электрона», «мю-мезон», «нейтрино» и т. д. Помню, я был поглощен проблемой: если электрон — это элементарная частица, то как же он может иметь ту сложную структуру, которая описывалась в статье Блохинцева? Обратившись к его книге «Введение в квантовую механику», я был увлечен очень образным, ярким языком автора, какой-то особенной приподнятостью стиля, сочетающего в себе также ясность и здравый смысл. Конечно, моих знаний девятиклассника не хватало для того, чтобы вполне понять эту книгу, но это имя — Д. И. Блохинцев — врезалось в память.

В 1963 г. я поступил на первый курс физического факультета МГУ. Лекции по общей физике читал академик И. К. Кикоин, который заражал студенческую аудиторию своим энтузиазмом и покорял блестящим и глубоким изложением физики. В общежитие на Ломоносовском проспекте практически каждую неделю приходили профессора физического факультета и рассказывали о своих кафедрах и их специализациях. Запомнились встречи с А. А. Власовым, В. Л. Бонч-Бруевичем, Я. П. Терлецким, Д. Д. Иваненко, Е. И. Кондорским, И. М. Терновым и многими другими. Я посещал множество спецкурсов на механико-математическом факультете и научные семинары на физическом факультете, в частности регулярно посещал семинары И. М. Лифшица и Я. П. Терлецкого; прослушал полный спецкурс по теории твердого тела М. Я. Азбеля. Также я ходил на семинары в Институт физических проблем, где запомнились яркие и интересные доклады и выступления М. И. Каганова, И. Е. Дзялошинского и Л. П. Питаевского.

В 1965 г. я увидел на факультете объявление о встрече студентов с Д. И. Блохинцевым и, конечно же, пошел на эту встречу. Это был небольшой «десант» из Дубны: Д. И. Блохинцев приехал с группой сотрудников Лаборатории теоретической физики Объединенного института ядерных исследований. Уверенность, с которой Д. И. Блохинцев провел эту встречу, завораживала. Он почему-то напоминал мне адмирала на капитанском мостике корабля, в окружении офицеров, уверенно прокладывающего курс в какие-то дальние и еще не исследованные воды. Когда он начинал говорить, то было невозможно пошевелиться; была какая-то особая магия его слов, особенная образность и в то же время простота и ясность. Впоследствии, когда я прочитал характеристику стиля Пушкина: «просто, коротко и ясно», сразу подумал, что и к стилю Блохинцева эти слова вполне применимы. Потом Д. И. Блохинцев еще несколько раз встречался со студентами, рассказывал о своей кафедре теории атомного ядра, об ОИЯИ, об условиях работы в Дубне. В тот же период Б. М. Понтекорво прочитал лекции об Э. Ферми и Э. Майоране и также приглашал студентов в Дубну. Переломным моментом для моего решения поступить на кафедру Блохинцева было появление в 1965 г. книги С. В. Тяблкова (1921–1968) о квантовой теории магнетизма.

Изучение этой книги [6], а также несколько лекций С. В. Тябликова, прочитанных им на кафедре магнетизма физического факультета МГУ, стимулировали мою решимость распределиться на кафедру теории атомного ядра. Дело было в том, что в 1966 г. С. В. Тябликов возглавил вновь созданную группу статистической механики и теории твердого тела в ЛТФ ОИЯИ. Таким образом, все складывалось так, что нужно было ехать в Дубну.

**2. Дубна.** В 1966 г. я сдал вступительный экзамен-собеседование С. М. Биленьевому и был зачислен на кафедру «Теория атомного ядра». С января 1967 г. начались занятия в филиале МГУ на ул. Ленинградской в Дубне. Д. И. Блохинцев встречался со студентами кафедры, рассказывал об исследованиях, ведущихся в Лаборатории теоретической физики ОИЯИ. Несколько раз мне пришлось беседовать с ним по поводу некоторых моментов организации учебного процесса. Сразу же становилось ясно, что Дмитрий Иванович — природенный организатор; все возникающие проблемы он разрешал, руководствуясь здравым смыслом и пользой дела, быстро и четко. Дмитрий Иванович был также прекрасным лектором. Мне посчастливилось прослушать полный курс его лекций «Принципиальные вопросы квантовой механики» по его книге [7]. Ясность мысли и блестящий образный язык лектора превращали эти лекции в незабываемое интеллектуальное путешествие по самым увлекательным местам физической науки, будили фантазию и заражали энтузиазмом. Многое было непонятно и приходилось задавать вопросы; по некоторым аспектам я даже пытался с ним спорить. Приведу здесь только несколько эпизодов.

Во время лекций Дмитрий Иванович несколько раз и как бы мимоходом заметил, что «уравнение Шредингера не выводится»! Вот что он пишет в § 28 своей книги [8]: «Во многих курсах [квантовой механики] стремятся «вывести» уравнение Шредингера. На самом деле, это уравнение ниоткуда не выводится, а образует основу новой теории. Поэтому мы предпочитаем постулировать его, ограничившись приведенными выше доводами в пользу такого постулата... Оно образует одну из основ квантовой механики и обоснование свое находит не столько в теоретических и исторических обстоятельствах, приведших к установлению этого уравнения, сколько в согласии с опытом». Такую точку зрения можно понять, но трудно было принять как свою собственную. Если это столь важное и центральное уравнение всей квантовой механики, то, казалось бы, оно должно быть «строго» выводимо из каких-то базовых принципов?! Например, в книге Д. Бома «Квантовая теория» [9] есть большой раздел «Выход уравнения Шредингера». Замечу, что книга Д. Бома [9] по-прежнему остается одной из лучших книг, излагающих *физическое содержание* квантовой механики; это же нужно сказать и о книге Д. И. Блохинцева [8]. В перерыве между лекциями я подходил к Дмитрию Ивановичу с этими вопросами; однако здесь он был краток: «Такова моя позиция».

Уже позднее, в 1983 г., в книге, посвященной математическим аспектам уравнения Шредингера [10], я нашел формулировку квантовой механики в виде набора постулатов. Постулат 3 гласит: «Пусть в какой-либо момент времени  $t = 0$  состояние системы изображается вектором  $\psi_0$ . Тогда в любой

момент времени  $t$  состояние системы изображается вектором  $\psi(t) = U_t\psi_0$ , где  $U_t$  — унитарный оператор, называемый оператором эволюции. Вектор-функция  $\psi(t)$  дифференцируема, если  $\psi(t)$  содержится в области определения  $D_H$  оператора  $H$  хотя бы при  $t = 0$ , и в этом случае справедливо следующее соотношение:

$$H\psi(t) = -\frac{\hbar}{i} \frac{\partial \psi(t)}{\partial t}, \quad (1)$$

где  $\hbar$  — постоянная Планка. Соотношение (1) является основным уравнением квантовой механики и называется уравнением Шредингера».

Существует много сходных, «математически продвинутых» вариантов изложения формальной структуры квантовой механики [11, 12]. Тем не менее продолжаются (и в немалом количестве) попытки «вывести» уравнение Шредингера. Интуиция и здесь не подвела Д. И. Блохинцева; можно было бы посвятить всю жизнь этому (весома увлекательному) вопросу, но тогда не осталось бы времени для других проблем. В тот период книга Д. Бома [9] была моим основным чтением. Меня озадачивало то, что нигде кроме этой книги не обсуждался вопрос о *понятии силы* в квантовой механике. Мне казалось, что это понятие невозможно определить в рамках квантовой механики. Обратившись к Дмитрию Ивановичу с этим вопросом, я заметил его явное нежелание что-то говорить по этому поводу. Его ответ был таков: данная проблема выходит за рамки читаемого им спецкурса. Мне до сих пор непонятно, что вызвало такое недовольство Д. И. Блохинцева, мой вопрос или проблема сама по себе. Замечу, что в квантовой химии понятие силы возникает неизбежно. Решается данный вопрос в рамках теоремы Гельмана–Фейнмана [13]. Теорема утверждает, что градиент энергии по некоторому параметру  $dE/d\alpha$  равен ожидаемому значению градиента гамильтонiana по этому параметру  $dH/d\alpha$ . Чтобы вычислить  $dE/d\alpha$  (где параметр  $\alpha$  может быть углом или длиной молекулярной связи, зарядом ядра или напряженностью внешнего поля), достаточно вычислить оператор  $dH/d\alpha$ , а затем найти его ожидаемое значение. Именно на основе этой теоремы обсуждается проблема структуры молекул. При этом возможно установить равновесную геометрию молекул путем рассмотрения сил, действующих на ядра атомов.

Еще одним «трудным» вопросом в связи с лекциями Блохинцева стала проблема «физического смысла» волновой функции. Дебаты между студентами по этому вопросу продолжались в общежитии на ул. Ленинградской в Дубне до глубокой ночи. Следующая фраза из § 28 учебника [8] казалась непостижимой: «Связанная с уравнением Шредингера постановка вопроса “найти  $\psi(x, t)$ , если дана  $\psi(x, 0)$ ”, имеет смысл лишь в том случае, если  $\psi(x, 0)$  может быть однозначно сопоставлено с некоторыми определенными физическими условиями. Такое сопоставление не является, однако, тривиальным, так как волновая функция по самой своей природе является величиной неизмеримой... Измеримыми являются значения механических величин  $L$ ,  $M$ ,  $N$  частицы (или системы частиц) и вероятности, с которыми обнаруживаются эти значения в ансамбле частиц (или систем)». Что здесь означает выражение «по самой своей природе» и откуда возникает «вероятность», было непонятно. Эти вопросы Дмитрий Иванович старался разъяснить, как всегда ярко и блестательно. Однако, как хорошо известно, все эти вопросы

остаются актуальными и сейчас продолжают интенсивно обсуждаться. Как заметил Р. Фейнман [14], «было время, когда газеты писали, что теорию относительности понимают только 12 человек. Мне лично не верится, что это правда... Но, мне кажется, я смело могу сказать, что квантовой механики никто не понимает». Споры и обсуждения интерпретации квантовой механики и ее фундаментальных основ продолжаются с неослабевающей интенсивностью (см., например, книги [15, 16]). В предисловии к недавней книге [17] с примечательным названием «Куда идешь, квантовая механика?» Роджер Пенроуз пишет: «Квантовая механика — несомненно одно из высочайших интеллектуальных достижений XX в., — все еще остается полной глубоких тайн...» Здесь будет уместно привести также высказывание крупнейшего физика XX в., нобелевского лауреата М. Гелл-Манна: «Квантовая механика — это не только (и не просто) теория; скорее это есть система взглядов и остав, которым должна соответствовать вся современная физика» [18]. Эти три высказывания Фейнмана, Пенроуза и Гелл-Манна можно объединить в одно: на самом глубинном уровне язык природы — это язык квантовой механики; этим и обуславливается ее *«непостижимость и невыразимость»* в рамках языка обычного повседневного опыта. Язык квантовой физики следует не обычной логике человеческого сознания, а особой, **квантовой логике**. Это обстоятельство объясняет, почему Дмитрий Иванович снова и снова возвращался к проблемам интерпретации и обоснования квантовой механики [19–21]. Книга Д. И. Блохинцева [21], посвященная теории измерений, является изложением курса лекций, прочитанных для молодых ученых ОИЯИ в 1974 г. Мне также довелось прослушать эти лекции. Было ясно видно, что его мысль и усилия были обращены к этой труднейшей цели: изложить (хотя бы отчасти) язык квантовой физики и законы квантовой логики на языке уже доступных человеческому восприятию понятий. То, что ему это, в значительной мере, удалось сделать, говорит неослабевающий интерес к его книгам [7, 8, 21] и статьям [19, 20].

**3. Квантовые ансамбли и распределение Гиббса.** Во время чтения лекций по курсу «Принципиальные вопросы квантовой механики» Д. И. Блохинцев настойчиво подчеркивал несколько своих основополагающих тезисов: 1) квантовая механика по своему существу является статистической теорией; 2) квантовая механика изучает законы движения микрочастиц в квантовом ансамбле; 3) не существует способов «вывести» статистические закономерности из закономерностей детерминированных. Каноническое распределение Гиббса является постулатом. Статистический оператор является функционалом только аддитивных интегралов движения (в большинстве случаев только энергии). Эти положения вызвали тогда (и вызывают сейчас) наибольшее число вопросов. Действительно, можно считать (как это делается в работе [22]), что каноническое равновесное распределение Гиббса является постулатом. Более точно, это распределение есть следствие **гипотезы**, согласно которой единственное равновесное состояние системы описывается стационарными решениями определенного вида, зависящими от таких интегралов движения, как энергия, полный импульс, момент количества движения, число частиц системы [23]. Хорошо известно, что статистическая механика как

равновесных, так и неравновесных процессов исходит из уравнений механики (квантовой или классической) для системы многих частиц, составляющих ту или иною макроскопическую систему. Интегрирование этой системы уравнений невыполнимо из-за очень большого числа переменных и невозможности установить начальные условия для этих уравнений. Поэтому для изучения подобных систем пользуются методами статистической механики. Эти методы опираются на введение функций распределения в классической статистической механике или статистического оператора в квантовой статистической механике. Благодаря применению ансамблей Гиббса, в статистической механике вводится *вероятностная трактовка* динамических процессов. Следует подчеркнуть, что вопросы о роли и значении случайного и вероятностного поведения физических систем и их хаотической динамики весьма сложны и сейчас интенсивно разрабатываются [24, 25].

Хотя идеи Гиббса широко известны, многие из поставленных им проблем не решены до сих пор [26, 27]. Возможен подход [28, 29], при котором каноническое равновесное распределение Гиббса выводится из обобщенного вариационного принципа (экстремум энтропии). Этот подход допускает обобщение для случая статистической механики неравновесных процессов (экстремум информационной энтропии) [30], где он оказался весьма эффективным [23]. С этими вопросами тесно связан вопрос о природе вероятности в классической [24] и квантовой [31] физике, который сейчас интенсивно обсуждается.

**4. Язык Природы — это «квантовый» язык.** В книгах по квантовой механике 30-х годов о квантовой механике говорится как о «новом языке физики и химии». Д. И. Блохинцев в своих работах это также подчеркивает. Интерес к языку, как явлению, по-видимому, не оставлял его всю жизнь. У него был очевидный ораторский и писательский дар. Мне довелось присутствовать при разговоре Дмитрия Ивановича со своими учениками о природе языка. Он рассказывал о только что прочитанной книге Ф. Фолсома «Книга о языке» [32]. Рассказ был чрезвычайно увлекательным и продолжался около часа, в течение которого все слушатели были полностью захвачены этим блестящим импровизированным «докладом». Я потом довольно долго искал эту книгу Фолсома, а найдя, прочитал с большим интересом. Потом я уже стал самостоятельно искать и читать книги о происхождении языка [33], но первый импульс был дан Блохинцевым. В последней философской публикации Дмитрия Ивановича «Размышления о проблемах познания и творчества и закономерностях процессов развития» [34] я также нашел отзывы этого разговора о языке, как и множество других его очень ценных размышлений о физике и биологии, о генетическом коде, о происхождении жизни и теории эволюции. Казалось бы, эти вопросы далеки от его интересов как физика. Однако он неоднократно подчеркивал, что узкая специализация сушит творческую мысль. Он, например, во время лекций неоднократно повторял, что занятие передовыми проблемами квантовой теории поля не должно приводить к забвению физики как целостной науки. «Нужно знать и изучать всю физику, все ее разделы», — многократно подчеркивал Дмитрий Иванович. Поэтому его стремление выйти за пределы физики и охватить мысленно соседние области науки, есть отголоски того целостного, «натур-

философского» подхода, который в конце XIX и начале XX в. еще ощущался в книгах Дж. К. Максвелла, Г. Гельмгольца, Дж. У. Рэлея, Г. Лоренца, П. П. Лазарева [35] и др. Этот широкий взгляд на науку был присущ многим крупнейшим физикам, современникам Блохинцева: Бору [36], Гейзенбергу, Борну, Шредингеру [37–39], Гамову, Маркову.

**5. Материя и философия.** В статьях и книгах Д. И. Блохинцева встречаются многочисленные упоминания о «материи» и о «материализме». Этот термин настолько прочно внедрился в повседневный обиход, что его первоначальное значение почти потеряно.

Между тем известно, что термин «материя» не является естественно-научным понятием. В рамках физики он никак не определяется. Термин этот сугубо философский. Его возникновение относится ко временам Древней Греции [40]. Еще тогда зародилась идея, согласно которой все тела состоят из мельчайших частиц. Одним из основоположников этой идеи был греческий философ Демокрит (ок. 460 — ок. 370 гг. до н. э.). Мельчайшие частицы вещества Демокрит называл атомами, что означает неделимые. Идеи древних атомистов были изложены много позднее римским писателем Лукрецием Карром (ок. 99 — 55 гг. до н. э.) в поэме «О природе вещей» [41]. Это сочинение является по существу своеобразной *теорией всего* (theory of everything) для своего времени. Лукреций Кар делает попытку дать целостную картину всем явлениям и вещам, исходя из гипотезы об атомистическом **строении вещества**. Он пишет:

Ибо о сущности высшей небес и богов собираюсь  
Я рассуждать для тебя и вещей объясняю начала,  
Все из которых творит, умножает, питает природа  
И на которые все после гибели вновь разлагает.  
Их, объясняя их суть, материей мы называем...

Такие воззрения встретили активное сопротивление уже в античной философии Платона. Это проницательно описывает И. Д. Рожанский: «Чьи же это воззрения, которые так картинно изложил Платон и с которыми он так яростно борется? Это воззрения физиков V в. до н. э. — Эмпедокла, Анаксагора, атомистов».

Материализм прошел сложный и извилистый путь от Демокрита и Левкиппа до марксистского и диалектического материализма. Примечательно, что на 20-е — 30-е годы XX в. пришелся «расцвет» *вульгарного материализма* [42], во многом определившего положение дел в советской философской науке; он же определил все последующие так называемые «философские дискуссии» по проблемам физики, квантовой химии, кибернетики и биологии. Об этом не следует забывать, читая статьи по философии квантовой физики В. А. Фока, Д. И. Блохинцева, М. А. Маркова [43]. На фоне «псевдофилософии» вульгарных материалистов их рассуждения и философский уровень мысли резко отличаются от писаний современных им философов. Феномен «идеологизированной науки» советского периода подробно проанализирован с разных сторон (см., например, книгу [44]). Здесь приводится пример того, как на страницах журнала «Вопросы философии» (1952 г. №1) происходил

ло обсуждение статьи Г. И. Наана «К вопросу о принципе относительности в физике» (1951 г. № 2). «За исключением заметки Д. И. Блохинцева, который в связи с обсуждением статьи Г. И. Наана просто изложил свое понимание инерциальной системы, остальные авторы подвергли обсуждаемую статью резкой критике» [44].

Говоря о Д. И. Блохинцеве, нельзя не упомянуть о его частых ссылках на книгу «Материализм и эмпириокритицизм» В. И. Ленина. В этой книге подвергаются сокрушительной критике философы Э. Мах (1838–1916), Р. Авенариус (1843–1896), математик и физик Анри Пуанкаре (1854–1912) [45] и его двоюродный брат, физик Люсьен Пуанкаре, написавший книгу «Эволюция современной физики» [46]. Р. Авенариус, один из основоположников эмпириокритицизма. Центральное понятие философии Авенариуса — опыт; основные идеи этой философии изложены в книге [47]. Критика эмпириокритицизма и т. н. *махизма* и составила основное содержание книги «Материализм и эмпириокритицизм». Сейчас основные книги Маха [45–48] и Авенариуса [47] переизданы; можно самостоятельно проанализировать эту полемику и оценить труды Д. И. Блохинцева, где она затрагивается. Видно, что Д. И. Блохинцев излагает свое понимание тех физических и гносеологических вопросов, о которых идет речь, не прибегая к чрезмерной «идеологизации науки». Знаменитая фраза о «неисчерпаемости электрона» в свете последующего развития физики [51–54] остается только фразой и ничем иным. Можно сожалеть, что многие глубокие размышления о природе физического знания, такие как анализ физических теорий Анри Пуанкаре [45] и Пьера Дюгема (1861–1916) [55] были вытеснены за рамки обсуждений в советский период. Сейчас интерес к работам Дюгема снова возрождается [56, 57], в частности благодаря выдающемуся историку и философу науки Стэнли Яки.

Интересно отметить, что книга Л. Пуанкаре «Эволюция современной физики» [46] заканчивается разделом «Будущее физики». По словам Л. Пуанкаре, «...старые рамки, в которых классические трактаты все еще замыкают различные главы физики, разлетаются во всех частях». Если сравнить то, что пишет Л. Пуанкаре, с тем, что пишется сто лет спустя о передовых рубежах науки, видно, как далеко вперед ушла наука, как изменился ее характер и понятийный аппарат. Хотя дальние цели науки и Л. Пуанкаре, и современные исследователи видят примерно одинаково: «...исследователей, вступающих на эти новые пути, ведет надежда высшего порядка... овладеть в один прекрасный день высшим принципом, который и будет господствовать во всей физике» [46]. Это те же самые «мечты об окончательной теории», о которых пишет С. Вайнберг в своей книге [58].

**6. Итоги.** После написания подробного обзора [59] о работах Д. И. Блохинцева и комментариев к его статьям по теории твердого тела и оптике стало понятно, что многие важные вещи еще можно было бы сказать, как о самом Дмитрии Ивановиче, так и о его работах. Из-за недостатка места здесь тоже о многом не удалось рассказать. Между тем, интерес к трудам Д. И. Блохинцева и его биографии велик и у нас и на Западе [60].

В связи с этим хочется еще раз вспомнить слова Дж. К. Максвелла: «Всякий великий человек является единственным в своем роде. В историческом шествии ученых у каждого из них своя определенная задача и свое определенное место». Современный исследователь науки справедливо продолжает [61]: «Биография всякого ученого многопланова. В ней в единое целое “сплетены” и время в его разных измерениях, и современная наука, и особенности приобщения молодого человека к ней, и то, какие ее вопросы получили наиболее глубокий отклик во всем строе его духовной жизни... главной задачей научной биографии является раскрытие “пересечения” индивидуальной биографии ученого с биографией самой науки». В отношении подробной научной биографии Д. И. Блохинцева эта работа в полной мере еще не выполнена, и ее еще предстоит проделать. Здесь будет большим подспорьем опубликованная недавно в издательском отделе ОИЯИ автореферат работ Д. И. Блохинцева «Мой путь в науке» [62]. Было бы весьма желательно написать научную биографию Д. И. Блохинцева как можно быстрее. Это будет не только той «данью уважения к старшим», о которой писал М. Фарадей [1], но и несомненно будет способствовать возрождению отечественной науки. М. Фарадей заканчивает свою книгу [1] следующими словами: «В самом деле, какие науки более свойственны уму человека, чем науки естественные? И что помогает человеку больше всего проникать в действие тех законов, познание которых показывает, как интересны даже самые незначительные явления природы, и обнаруживает

...язык в деревьях, книгу в ручьях,  
Летописи в скалах и всюду гармонию...»

Не сомневаюсь, что Дмитрий Иванович вполне согласился бы с этими словами.

## Список литературы

1. *Фарадей М.* Силы материи и их взаимоотношения: Пер. с англ. М.: Гос. Анти-религиозное Изд-во, 1940.
2. *Рашковский Е. Б.* Науковедение и Восток. М.: Наука, 1980.
3. *Остwaldъ В.* Великие люди. СПб.: 1910.
4. *Родный Н. И., Соловьев Ю. И.* Вильгельм Остwaldъ. М.: Наука, 1969.
5. *Блохинцев Д. И.* // Природа. 1959. № 9. С. 25–29.
6. *Тябликов С. В.* Методы квантовой теории магнетизма. М.: Наука, 1965.
7. *Блохинцев Д. И.* Принципиальные вопросы квантовой механики. 2-е изд. М.: Наука, 1987.
8. *Блохинцев Д. И.* Основы квантовой механики. 5-е изд. М.: Наука, 1976.
9. *Бом Д.* Квантовая теория. М.: Физматлит, 1961.
10. *Березин Ф. А., Шубин М. А.* Уравнение Шредингера. М.: Изд-во МГУ, 1983.
11. *Фаддеев Л. Д., Якубовский О. А.* Лекции по квантовой механике для студентов-математиков. Л.: Изд-во ЛГУ, 1980.
12. *Алексеев И. С., Овчинников Н. Ф., Печенкин А. А.* Методология обоснования квантовой теории. М.: Наука, 1984.
13. *Слэтер Дж.* Электронная структура молекул. М.: Мир, 1965.
14. *Фейнман Р.* Характер физических законов. М.: Мир, 1968. С. 139.

15. *Марков М. А.* О трех интерпретациях квантовой механики. М.: Наука, 1991.
16. *Аккарди Л.* Диалоги о квантовой механике. М.: РХД, 2004.
17. *Quo Vadis Quantum Mechanics?* / Eds.: A. Elitzur, S. Dolev, N. Kolenda. Berlin: Springer, 2005.
18. *Gell-Mann M.* The Quark and the Jaguar. New York: W. H. Freeman and Co., 1994.
19. *Блохинцев Д. И.* // УФН. 1968. Т. 95. С. 75.
20. *Блохинцев Д. И.* // УФН. 1977. Т. 122. С. 745.
21. *Блохинцев Д. И.* Квантовая механика. Лекции по избранным вопросам. М.: Атомиздат, 1981.
22. *Петрина Д. Я., Герасименко В. И., Малышев П. В.* Математические основы классической статистической механики. Киев: Наук. Думка, 1985.
23. *Kuzemsky A. L.* // Intern. J. Mod. Phys. B. 2007. V. 21. P. 2821–2942 (cond-mat/0707.0753).
24. *Рюель Д.* Случайность и хаос. М.: РХД, 2001.
25. *Эбелинг В., Файстель В.* Хаос и космос. М.: РХД, 2005.
26. *Козлов В. В.* Тепловое равновесие по Гиббсу и Пуанкаре. М.: РХД, 2002.
27. *Крылов Н. С.* Работы по обоснованию статистической физики. М.: УРСС, 2003.
28. *Рюель Д.* Термодинамический формализм. М.: РХД, 2002.
29. *Jaynes E. T.* Papers on Probability, Statistics and Statistical Physics / Ed. R. D. Rosenkranz. Dordrecht: D. Reidel Publ., 1983.
30. *Зубарев Д. Н.* Неравновесная статистическая термодинамика. М.: Физматлит, 1971.
31. *Khrennikov A.* Interpretations of Probability. VSP, Utrecht-Boston, 1999.
32. *Фолсом Ф.* Книга о языке. М.: Прогресс, 1977.
33. *Пинкер С.* Язык как инстинкт. М.: УРСС, 2004.
34. *Блохинцев Д. И.* Размышления о проблемах познания и творчества и закономерностях процессов развития // Теория познания и современная физика / Отв. ред. Ю. И. Сачков. М.: Наука, 1984. С. 53–74.
35. *Лазарев П. П.* Энергия, ее источники на земле и ее происхождение. М.: Изд-во АН СССР, 1959.
36. *Бор Н.* Атомная физика и человеческое познание. М.: ИЛ, 1961.
37. *Шредингер Э.* Мой взгляд на мир: Пер. с нем. М.: КомКнига, 2005.
38. *Шредингер Э.* Наука и гуманизм. М.: РХД, 2001.
39. *Шредингер Э.* Природа и греки: Пер. с англ. М.: РХД, 2001.
40. *Рожанский И. Д.* Развитие естествознания в эпоху античности. М.: Наука, 1979.
41. *Лукреций.* О природе вещей. М.: Изд-во АН СССР, 1958.
42. На переломе. Философские дискуссии 20-х годов: Философия и мировоззрение / Сост. П. В. Алексеев. М.: Политиздат, 1990.
43. *Марков М. А.* О природе материи. М.: Наука, 1976.
44. *Ахундов М. Д., Баженов Л. Б.* Философия и физика в СССР. М.: Знание, 1989.
45. *Пуанкаре А.* О науке. М.: Наука, 1983.
46. *Пуанкаре Л.* Эволюция современной физики. СПб., 1910.
47. *Авенариус Р.* Критика чистого опыта. М.: УРСС, 2007.
48. *Мах Э.* Механика. Историко-критический очерк ее развития: Пер. с нем. М.: РХД, 2000.
49. *Мах Э.* Популярные лекции по физике: Пер. с нем. М.: РХД, 2001.
50. *Мах Э.* Познание и заблуждение: Пер. с нем. М.: Бином, 2003.
51. *Дуков В. М.* Электрон. М.: Просвещение, 1965.
52. *Андерсон Д.* Открытие электрона. М.: Атомиздат, 1968.

53. Вайнберг С. Открытие субатомных частиц. М.: Мир, 1986.
54. Electron: A Centenary volume / Ed.: M. Springford. Cambridge: Cambridge University Press, 1997.
55. Дюгем П. Физическая теория. СПб., 1910.
56. Jaki S. L. Uneasy Genius: The Life and Work of Pierre Duhem. Boston: Kluwer Academic Publ., 1984.
57. Hesse M. Duhem, Quine and a New Empiricism // Knowledge and Necessity / Ed. G. Vesey. Boston, 1970. P. 191.
58. Weinberg S. Dreams of a Final Theory. New York: Random House, 1992.
59. Куземский А. Л. // ЭЧАЯ. 2008. Т.39, вып. 1. С. 5–81.
60. Rich V. // Nature. 1979. V. 278. P. 765.
61. Родный Н. И. Очерки по истории и методологии естествознания. М.: Наука, 1975.
62. Блохинцев Д. И. Мой путь в науке (автореферат работ) // Дмитрий Иванович Блохинцев. К 100-летию со дня рождения / Под общ. ред. Б. М. Барбашова и А. Н. Сисакяна. Дубна: ОИЯИ, 2007. — Статья 2 в настоящем издании. — Прим. ред.

## 51

### Д. И. БЛОХИНЦЕВ И ЕГО РАБОТА В САРАТОВСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ\*

*B. B. Игонин*

*...Потерял голубую звезду,  
Пусто в темном замерзшем лесу.  
О потере ревниво молчу...  
...Сам себе же упорно шепчу:  
— Я ее отыщу, отыщу.*

Д. И. Блохинцев

I. После окончания аспирантуры и защиты диссертации (в 1934 г.) Д. И. Блохинцеву на ее основе была присуждена в 1935 г. ученая степень доктора физики. В том же году он был приглашен на работу в Саратовский государственный университет им. Н. Г. Чернышевского на должность профессора — руководителя создаваемой кафедры теоретической физики физико-математического факультета. Собственно вопрос о ее создании был поставлен гораздо раньше: еще в конце 1919 — начале 1920 гг. рассматривалась возможность создания кафедры на базе существовавшего тогда кабинета теоретической физики физического института СГУ, руководимого С. А. Богуславским. Организация кафедры была признана весьма желательной и в решении VI Всесоюзного съезда физиков (1928 г.), и в постановлении правления университета. Однако реальные возможности для этого появились только к середине 30-х годов XX в. Вот что писала многотиражка университета «За научные кадры» (от 23 июня 1935 г.): «В 1934 г.... были открыты исторические факультеты при Московском и Ленинградском университетах. В этом году открывается теоретический факультет в Саратовском университете. Это свидетельствует, что СГУ после столичных университетов занимает одно из первых мест по своему научно-учебному оборудованию, библиотеке и своим научным кадрам. Особенно решительно можно будет об этом заявить после осуществления широкой программы, которая намечена в развитии СГУ, начиная с 1935–36 учебного года. С осени 1935 года развертываются новые кафедры и лаборатории по математике, физике, химии, биологии, геологии и т. д. По количеству кафедр СГУ занимает первое место среди университетов

\* Труды XII Международной конференции по избранным проблемам современной физики, посвященной 95-й годовщине со дня рождения Д. И. Блохинцева (1908–1979), Дубна, 8–11 июня 2003 г. Дубна: ОИЯИ Д1.2-2003-219, 2003. С. 44–49.

РСФСР после университетов Москвы и Ленинграда. Для руководства новыми кафедрами приглашаются университетом крупные специалисты Советского Союза, профессора Хинчин, Петровский, Курош, Вагнер, Блохинцев и целый ряд других ученых». Месяцем позже та же газета писала (от 29 ноября 1935 г.) в статье ректора Хворостина: «Количество кафедр в СГУ в этом году вырастет с 16 до 34. На занятие их приглашены профессора Московского университета А. Хинчин, И. Петровский, А. Курош и В. Вагнер по математическим кафедрам и Д. Блохинцев по кафедре теоретической физики, Кабак по кафедре динамики развития и т. д.». Наконец, приведем свидетельство областной газеты «Коммунист» в корреспонденции по Саратовскому университету (№ 234(521) от 10 октября 1935 г., с. 4): «... Для руководства кафедрой геометрии прибыл доктор математических наук профессор Вагнер и для руководства кафедрой теоретической физики — доктор физических наук профессор Блохинцев. Кафедрой динамики развития (биологический факультет) заведует приехавший в Саратов профессор Кабак и кафедрой физической географии — профессор Пиотровский».

Мы специально так подробно остановились на документальном обосновании факта о создании кафедры теоретической физики СГУ и ее первом руководителе Блохинцеве Д. И. в связи с тем, что создание кафедры до настоящего времени относили к 1946 году, а работа профессора Блохинцева в СГУ вообще во всех официальных материалах (юбилейных, некрологе и др.) даже не упоминается. Так что, по-видимому, настоящая публикация в этом плане является первой. А это обязывает нас привести еще несколько документальных данных. Официально кафедра теоретической физики была утверждена Наркомпросом летом 1935 г. Тогда же на кафедру, наряду с Блохинцевым, были приглашены Ю. Б. Руммер и С. И. Драбкина. Должность заведующего кафедрой утверждена с 15.XII.1935 г. (приказ по университету от 19 марта 1936 г.). С октября месяца 1936 г. на кафедру был зачислен кандидат физических наук Ш. Ш. Шехтер — ученик Д. И. Блохинцева (приказ от 11.XII.1936 г.). Небезынтересно, что в приказах по университету (от 9.IX и 4.XI.1935 г.) определялось число выполненных Д. И. Блохинцевым учебных часов (лекционных и семинаров). При этом во втором приказе ему дополнительно засчитывалось 50 лекционных часов и 36 семинаров (сверху ранее запланированных). Небезынтересно также, что в должностных перечнях на 1936–37 учебный год устанавливались (в соответствии с приказом Накромпроса РСФСР — дан в приказе по университету № 5 от 11 января 1937 г.) персональные ставки профессорско-преподавательскому составу, в том числе профессору Блохинцеву (1000 рублей в месяц) и доцентам Драбкиной и Шехтеру (с 1.XII.1930 г.). И что симптоматично — так это весьма не типичное канцелярски-административное распоряжение за подписью профессора Голуба (ВРИО ректора СГУ): «... 9. Прекратить выплату персональных ставок профессору Блохинцеву и доценту Драбкиной с IV.1937 г. ввиду прекращения их работы в университете» (?), т. е. еще до конца семестра. И в завершение первой части нашего сообщения о становлении кафедры теоретической физики СГУ отметим, что Постановлением ВАКК ВКВШ (от 23.V.1938 г.) Шехтер Ш. Ш. был утвержден в ученом звании доцента по

кафедре теоретической физики, а затем приказом ВКВШ при СНК СССР утвержден в должности ВРИО зав. кафедрой теоретической физики (приказ от 9 июня 1938 г.).

II. Учебно-педагогическая работа по теоретической физике с приходом Блохинцева и др. естественно повысила необходимые и уровень, и систематичность, и последовательность, поскольку выполнялась специалистами данного профиля в рамках университетской структурной ячейки — кафедры теоретической физики: читались курсы квантовой механики, теории поля и электронной теории, статистической физики и термодинамики, теории относительности и курс «Дополнительные главы современной физики», посвященный элементарной теории атома и радиоактивности, а также другие курсы. Для общего представления об уровне лекционных занятий и семинаров целесообразно привести названия некоторых научных работ Блохинцева, опубликованных в «саратовский» период и в первые годы после работы в СГУ (несомненно, задуманных в Саратове): «Время жизни частиц в адсорбированном состоянии» (совм. с Ш. Шехтером). «Атомистика в современной физике» (совм. с Ф. Гальпериным). «Материя, масса и энергия» (совм. с Ф. Гальпериным). «Эфир» (совм. с Ф. Гальпериным в журнале «Фронт науки и техники»). «В чем заключаются основные особенности квантовой механики». «Дискуссия о структуре атомного ядра» (в «Успехах физических наук»). «Что такое теория относительности». ОНТИ. М.-Л. 1936 г. Повторно оговоримся, что перечень не включает как ранние работы, так и все последующие публикации Блохинцева, равно как и не подразумевает какую-либо их характеристику.

Весьма важно, однако, отметить, что работа профессора Блохинцева в СГУ не ограничивалась только одной академической нагрузкой. Им сразу же была развита систематическая, вне должностной сетки, научно-популярная и просветительская деятельность. Вот что писала областная газета «Коммунист» (№ 244(531) от 22 октября 1935 г. С. 4): «Прибывший из Москвы для работы в Саратовском университете профессор Блохинцев Д. И. прочтет цикл лекций для научных работников Саратова на тему «Проблемы атомного ядра». Первая лекция состоится сегодня в 8 ч 10 мин вечера в физической аудитории (III корпус университета). Сегодня же профессор Хинчин приступает к чтению университетского курса теории функций действительного переменного. Лекции будут читаться по четвертым дням шестидневки с 9 ч 20 мин вечера в физической аудитории университета». Замечу, что эти первые лекции (а за тем и последующие) я, школьник 9 класса средней школы, посетил, к сожалению, не проводя каких-либо, хотя бы кратких, записей. В памяти сохраняются только отдельные частные факты. Отчетливо помню, например, элементы из лекций о гипотезе нейтрино и законе сохранения энергии и некоторые другие (по теории относительности и эфире). Я стал студентом физико-математического факультета Саратовского университета в сентябре 1937 г., когда Дмитрий Иванович в СГУ уже не работал. Однако свою роль его лекций сыграли в выборе моей специальности. Школьником, в соответствии с духом того времени, я нацеливался на специализацию по кафедре аэрогидромеханики (т. е. по «авиационному» направлению универ-

ситетского образования). Лекции профессора Блохинцева в корне изменили мое представление о соотношении отдельных научных дисциплин. Я в меру возрастных возможностей стал осознавать, что есть физика как фундаментальная университетская наука и ее положение в системе знаний.

Возвращаясь к теме «Блохинцев и его работа в СГУ», отмечу, что в последние предвоенные и военные годы (1938–1945) в университете и на кафедре теоретической физики СГУ каких-либо письменных материалов о контактах и связях с Д. И. Блохинцевым нет. Нет и у меня таковых, равно как и личных воспоминаний. По-видимому, он в этот период с университетом не сотрудничал и в Саратов не приезжал. Вновь с Д. И. Блохинцевым я встретился уже в 1946 г. во время совместной командировки с зав. кафедрой А. С. Шехтером в Москву (по делам НИИМФ СГУ, помощником директора которого по административно-технической части я был, будучи ст. преподавателем кафедры общей физики, и одновременно по научным вопросам моей н/и работы — по проблеме разделения тяжелых изотопов ВЧ электромагнитным полем с фазовой фокусировкой — ИЗОТРОН). Встреча с Д. И. Блохинцевым и его содействие обеспечили первые мои контакты с НИФИ-2 (на Соколе) и знакомство с профессором С. Н. Верновым, а также другими профессорами физического факультета МГУ (Спиваковым и Тимирязевым). Затем, в начале уже 50-х годов, содействие Дмитрия Ивановича привело к контактам с ТТЛ<sup>1</sup> в связи с проблемой создания циклотронной лаборатории в Саратовском университете и, наконец, в конце 50-х годов, после организации в СГУ проблемной лаборатории ядерной физики (зав. лаб. Игонин В. В.), благодаря поддержке Дмитрия Ивановича Блохинцева и активным действиям зав. кафедрой теоретической физики А. С. Шехтера, было установлено научное сотрудничество с ОИЯИ (г. Дубна), переросшее в создание филиала кафедры в Объединенном институте (мы здесь не останавливаемся на выходящем за рамки данного сообщения сотрудничестве кафедры и ЛЯФ СГУ с физическим институтом АН СССР, поддержанном академиком Д. В. Скobel'цыным — отдел «Питомник», зав. отделом академик В. И. Векслер, лабораторией — Л. Е. Лазарева). Среди первых студентов, окончивших СГУ по специальности «Физика атомного ядра и космических лучей» Г. И. Колеров, Н. Н. Слонов, В. К. Лукьянов, В. Г. Серягин, О. Г. Боков, И. А. Грищенко, О. И. Логинов, А. Б. Фенюк, Н. Б. Скачков, В. П. Гердт, Г. Н. Лыкасов, Ю. Р. Тюхтиев, В. П. Жигунов, М. Б. Шертель, К. И. Иваньшин, Л. Ш. Шехтер и др. (за десятилетие 1955–1965 гг. число студентов по данной специализации, теоретической и экспериментальной, возросло до полной группы университетского плана подготовки специалистов). Среди первых руководителей дипломных работ в ОИЯИ были Р. М. Рындин, С. М. Биленький, В. Б. Беляев, М. И. Широков, Нгуен Van Хьеу, Б. Н. Захарьев, Б. А. Арбузов, В. А. Мещеряков, А. В. Ефремов, В. Г. Кадышевский, С. С. Герштейн, Н. А. Черников, Н. И. Таранкин, В. В. Балашов и др. Все руководители (и рецензенты) дипломных работ, широко известные ученые, безотказно

<sup>1</sup> Теплотехническая лаборатория АН СССР, на базе которой был создан Институт теоретической и экспериментальной физики (г. Москва). — Прим. ред.

принимали на себя весомый груз руководства дипломными работами, обеспечивая их высокий научный уровень. С другой стороны, имена руководителей свидетельствуют о степени предварительной подготовки студентов, специализировавшихся по кафедре теоретической и ядерной физики СГУ, способных работать на уровне требований высококвалифицированных руководителей.

На этом можно было бы поставить точку в рассмотрении вопроса о Д. И. Блохинцеве и его связях с Саратовским университетом и его роли в становлении и развитии направления «физика ядра и элементарных частиц» на физфаке СГУ. Однако нам представляется целесообразным привести некоторые фрагменты из поэтического творчества Дмитрия Ивановича, отражающие его внутреннее состояние души в годы, о которых здесь шла речь. Вот эти строки (из стихотворения «Мечте моей»):

...*Моя надежда и мечта!*  
...*Нас с тобою били, изранили, измяли.*  
...*Под ноги бросали бревна недоверия!*  
...*В лицо нахально ржало лицемерье.*  
*Но мы остались на ногах.*  
...*Но как забыть. Все помним.*  
...*Били: нелепостью сверху,*  
*Дикостью в пах,*  
*Ножом предательства в спину.*  
*А мы с тобой остались на ногах.*  
*Но крылья смяты!*  
*Теперь лететь уже другим,*  
*Поверим в них, они хорошие ребята.*

## 52

### СЛОВО ОБ УЧЕНОМ\*

*Б. М. Барбашов*

11 января 1993 г. исполнилось 85 лет со дня рождения Дмитрия Ивановича Блохинцева — выдающегося советского физика, крупного организатора советской атомной науки и техники, первого директора Объединенного института ядерных исследований, а ранее директора Физико-энергетического института в г. Обнинске, где проектировалась и создавалась первая в мире атомная электростанция, которая в 1954 г. дала ток в энергетическую систему страны.

В своем слове я не буду характеризовать выдающиеся научные достижения Дмитрия Ивановича, оставленные нам в наследство, скажу лишь, что он обогатил науку фундаментальными работами в таких областях, как физика твердого тела, акустика, физика реакторов и атомная энергетика, квантовая механика, физика высоких энергий и физика атомного ядра, методология науки.

Широко известна его огромная роль в воспитании научных кадров физиков и инженеров у нас в стране и, как теперь говорят, в странах ближнего зарубежья. Это был феноменально разносторонний человек — ученый, изобретатель, педагог, общественный деятель и, наконец, художник и поэт.

Сейчас, когда прошло 14 лет, как нет с нами Дмитрия Ивановича Блохинцева, с расстояния этих лет — лет полных драматических изменений в нашем обществе, в положении науки и ученого, в оценках научного труда, когда слышатся голоса, утверждающие, что будто бы занятие фундаментальной наукой является чуть ли непозволительной роскошью; когда в обедневшей стране все взоры устремлены на Запад и каждый начинающий да и маститый ученый жаждет услышать слово похвалы, а может быть и материальной поддержки оттуда, когда всюду звучат требования экспертизы и конкурсной оценки деятельности научного сотрудника, — хотелось бы привести некоторые мысли и высказывания Дмитрия Ивановича, касающиеся роли науки и ученого в обществе.

Это сейчас актуально и интересно хотя бы потому, что на его взгляды и формирование как личности и ученого оказали влияние традиции русской науки и такие выдающиеся люди начала нашего века, как Циолковский, с которым он, начиная с 1925 г., состоял в переписке, в Московском универ-

---

\* Труды семинаров, посвященных 85-летию со дня рождения Д. И. Блохинцева. Дубна: ОИЯИ Д2-94-390, 1995. С. 261–264.

ситете его учителями были С. И. Вавилов, Н. И. Лузин, Л. И. Мандельштам, И. Е. Тамм. Учеба Дмитрия Ивановича в университете совпала с годами триумфального успеха квантовой механики в объяснении многих загадочных в то время физических явлений.

В 1934 г. его аспирантская работа была признана достойной присуждения ее автору степени доктора наук, а в 1936 г. Блохинцев избирается профессором кафедры теоретической физики МГУ и с тех пор с МГУ связана педагогическая работа Дмитрия Ивановича на всю жизнь.

В годы войны, когда потребовалось переключить деятельность многих институтов на решение практических оборонных задач, Блохинцев продемонстрировал значимость фундаментальной науки в практических применениях. Исходя из уравнений газодинамики, он получил общие уравнения акустики и на их основе рассчитал и объяснил разнообразные акустические явления в неоднородных и движущихся средах, как при дозвуковой, так и при сверхзвуковой скоростях.

В конце сороковых и пятидесятых годах Дмитрий Иванович активно участвует в развитии советской атомной науки и на практике осуществляет ее достижения.

Таким образом, взгляды этого человека на роль науки и ученого в обществе основаны на огромном опыте работы в фундаментальных и прикладных областях науки и представляют для нас непреходящую ценность. Здесь я хочу привести и обсудить с позиции состояния науки в нашей стране некоторые мысли, высказанные Д. И. Блохинцевым в статье «Две ветви познания мира», опубликованной уже после его смерти в журнале «Техника — молодежи» за 1982 год. Вот что он писал о глубинных мотивах творческой деятельности человека:

«Первая суть человека — это неодолимое стремление к познанию окружающего мира — его любомудрие, любознательность. Именно эта особенность человека являлась до недавнего времени стимулом развития науки. Сама по себе способность к познанию внешнего мира есть, очевидно, необходимое условие существования жизни, однако та степень этой способности, которую проявляет человек, выглядит как чудо, еще ожидающее своего разъяснения, и тем более неприятно видеть деятелей от науки, для которых тайны мироздания ничем не отличаются от «тайн» учебника, который они пока еще не удосужились проштудировать. Для них научная деятельность превратилась за последнее время из призыва в профессию, которой можно легко овладеть, а творчество в волевой акт, а не особое состояние духа и разума человека», — и далее он пишет:

«Наука — добытчица истины, но истина добывается не на почве голой эмпирии или оторванного от жизни теоретизирования, а из сравнения того, что придумано, с тем, что наблюдено». Эта, несомненно, правильная гносеологическая посылка актуальна теперь, как никогда, ибо в борьбе за выживание в наших условиях науки и научным работникам приходится вставать на чисто прагматическую точку зрения и подходить к оценке своей деятельности с позиции получения материальной поддержки в стране и за рубежом. Многие научные работники теперь превращаются в волонтеров, готовых заниматься

чем угодно и где угодно ради материальных соображений, и это, конечно, не наша вина, а наша беда.

Следующие слова Дмитрия Ивановича о «белых журавлях» в науке резко контрастируют с вышесказанным о нашей действительности. Он писал: «Наука — дело таланта и призыва, а также дело коллективное. Но все же среди ученых независимо от званий и должностей есть категория людей, одержимых страстью к науке, талант которых лишь изредка доставляет им радость, но причиняет постоянную неудовлетворенность достигнутым. Именно на них подчас держится успех того или иного научного начинания. Они обычно непрактичны, легкоранимы — их нужно беречь, они — белые журавли». Теперь эти «белые журавли» исчезают у нас как вид, либо улетая в «теплые края», либо, не получив поддержки, ищут себе другое поле деятельности.

Я не хотел бы создать здесь своими замечаниями настроение пессимизма, сопоставляя действительность и мысли Блохинцева о научной деятельности. Его детище — Объединенный институт ядерных исследований — проходит испытание временем, живет и работает в этих непростых условиях, пользуется заслуженно международным авторитетом, строит планы на будущее. Оптимизм мы можем почерпнуть и у Блохинцева, обратившись опять к статье «Две ветви познания мира», в которой он писал: «Вторая суть человеческого рода состоит в способности к накоплению и распространению приобретенных знаний, как в пределах одного поколения, так и от поколения к поколению в расширенном объеме, что не наблюдается никогда у других живых существ на Земле». Здесь никто не возразит тому, что наш Институт с его лучшей научно-технической библиотекой в странах СНГ играет исключительную роль в распространении физических знаний. А третья суть человека по Блохинцеву — это неодолимая потребность человека в эмоциональном контакте с окружающим миром. С глубокой древности мы находим наскальные рисунки и примитивные сооружения, не имеющие практической ценности, а впоследствии храмы и творения скульптуры и живописи. Только взаимоотношение с окружающим миром способно дать человеку ощущение своей значимости, выходящей за пределы рутинной работы по добыванию хлеба насущного. В ней, этой сути, отражается потребность установить отношение между «конечным» (человек) и бесконечным (Вселенная).

Преклонение перед гармонией и красотой Вселенной, вера в ее благона-меренность всегда были и будут ничем не заменимым душевным богатством людей. Здесь Дмитрий Иванович ссылается на К. Циолковского и цитирует Исаака Ньютона, который писал: «Не знаю, чем я могу казаться миру, но сам себе я кажусь только мальчиком, играющим на морском берегу и развлекающимся тем, что время от времени отыскиваю камешек более цветистый, чем обыкновенно, или красивую ракушку, в то время как великий океан истины расстилается передо мной неисследованным». Таким образом, порыв к творчеству в науке и в искусстве у человека и человечества неистребим на все времена.

Свое слово о Дмитрии Ивановиче Блохинцеве закончу цитатой из его нигде не опубликованного КРЕДО, он писал: «Я верю в силу разума и возможность гармонии между ним и эмоциями. Нам, людям, нужна вера в благо-

намеренность Будущего, творимого природой и человеком, потеря такой веры означала бы увядание человеческого рода».

От себя добавлю, что общение с этим человеком, остроумным собеседником, сочетавшим одновременно спокойствие и оптимизм в любых условиях и кипучую творческую энергию, — это вдохновляло, доставляло радость и давало веру в собственные силы.

Лучшей памятью о нем будет наша творческая работа в поисках истины.

## 53

### ВСПОМИНАЯ УЧИТЕЛЯ\*

*Г. В. Ефимов*

После окончания МИФИ в 1958 году меня направили по распределению в ЛТФ ОИЯИ. С первых же научных семинаров меня поразило исключительно образное мышление Д. И. Блохинцева. Всякий процесс с элементарными частицами он всегда рассматривал во времени и пространстве. Для меня это было особенно удивительно потому, что в те времена (вторая половина 50-х годов) существовало убеждение, что элементарные частицы должны быть точечными.

Однако для Дмитрия Ивановича элементарная частица представлялась как распределение в пространстве вещества с зарядом и током. И что удивительно: те расчеты, которые он делал на основе таких представлений, приводили к тем же ответам, что и в квантовополевой теории. Эта образность мышления, способность представить, как протекают в пространстве процессы взаимодействия элементарных частиц, вели Блохинцева к убеждению, что трудности квантовой теории поля, связанные с представлением о точечности взаимодействия, являются следствием именно этого идеализированного предположения.

По убеждению Блохинцева, физические частицы не могут быть точечными — всякое их взаимодействие должно протекать в некотором объеме. Эта физическая картина и привела его к идеи нелокальной квантовой теории поля как к естественному обобщению существовавших тогда квантово-полевых представлений. Эта точка зрения нашла отражение в книге Д. И. Блохинцева «Пространство и время в микромире».

Несмотря на то, что в 60-е годы идеи нелокальности в квантовой теории поля не были популярными, Дмитрий Иванович, начиная с 1964 года, проводил через каждые три года международные совещания по этой тематике. Это по существу были совещания по фундаментальным проблемам квантовой теории поля, где обсуждались различного рода «сумасшедшие идеи», многие из которых в дальнейшем были с успехом разработаны советскими учеными.

---

\* Труды семинара, посвященного 75-летию со дня рождения Д. И. Блохинцева (Дубна, 23 января 1983 г.). Дубна: ОИЯИ 85-570, 1986. С. 52.

## **54**

### **Д. И. БЛОХИНЦЕВ — УЧЕНЫЙ, УЧИТЕЛЬ, ЧЕЛОВЕК\***

*M. K. Волков*

В этом кратком воспоминании мне хотелось бы отметить одну из многих ярких черт Д. И. Блохинцева — талантливого и многогранного человека. Речь пойдет о Дмитрии Ивановиче как о педагоге и тонком научном руководителе.

Я помню, как в ЛТФ лет десять назад, во времена начала «перестройки» молодежь подняла бурную кампанию против начальников секторов в пользу «истинных» научных руководителей и лидеров научных тем. Кончилась эта кампания, как и следовало ожидать, лишь перераспределением руководящих должностей, после чего «борцы за новую линию поведения в науке» быстро успокоились, получив те же старые должности «начальников секторов» и требуя еще более скрупулезной формальной отчетности на своих новых местах, чем в старые «недоброкачественные» времена.

Совершенно иным стилем научного руководства отличался Д. И. Блохинцев. Занимая довольно высокие административные должности — и директора ОИЯИ, и директора ЛТФ, и, наконец, начальника сектора, он никогда не впадал в административно-бумажное рвение в руководстве научными сотрудниками, работающими в его секторе. (Всякого рода официальные документы и отчеты он называл обобщающим словом «гумага».) Напротив, он всячески поощрял свободный поиск новых научных тем без какой-либо мелочной опеки или навязывания своей тематики. Очень внимательно и с искренним интересом относился к любым новым разработкам даже в тех областях, которыми сам непосредственно не занимался. Никогда не навязывал своего мнения и в то же время легко замечал перспективные направления и живо их поддерживал. Он старался вникнуть в новые для него научные разработки и искренне гордился теми достижениями, которые были получены его молодыми сотрудниками.

Кстати, уделяя много личного времени обсуждению новых работ своих коллег, он никогда не навязывал своего соавторства, будучи вполне удовлетворенным уже только тем, что в его группе выполнены те или иные вполне интересные работы, получившие резонанс в других институтах СССР или за рубежом. Даже не будучи соавтором, он немало способствовал рекламе многих таких работ, выступая на отечественных и зарубежных конференциях и используя личные контакты с учеными многих стран.

---

\* Труды семинаров, посвященных 85-летию со дня рождения Д. И. Блохинцева. Дубна: ОИЯИ Д2-94-390, 1995. С. 265–266.

Я считаю, что мне очень повезло в молодые годы в том, что я работал под руководством такого человека. Безусловно, главным стимулом для молодого ученого является любовь к своей профессии и радость новых интересных больших и малых научных открытий. Но если ты знаешь, что и твой научный руководитель будет искренне обрадован и даже в какой-то степени горд за тебя, если тебе удастся получить какой-то интересный научный результат — это еще больше стимулирует твою научную деятельность. И я могу только от всей души пожелать начинающим молодым ученым найти себе таких руководителей.

К активно работающим молодым ученым Д. И. Блохинцев относился очень бережно и даже нежно, называя их в своем кругу «белыми лебедями», которые требуют особого внимания и заботы, чтобы выжить в тех даже не слишком суровых (по сравнению с нынешними) условиях нашей реальной жизни.

Закончить эту короткую заметку я хотел бы еще одним воспоминанием о Дмитрии Ивановиче как о простом и добром человеке, в компании которого можно было всегда чувствовать себя уютно и интересно. Он был не только большим физиком с глубокой интуицией, но и талантливым художником, поэтом и рассказчиком. Мы несколько раз путешествовали с ним на автомобилях и ночевали в палатках на берегу Дубны и в верховьях Волги. И всегда эти путешествия оставляли глубокий след и благодарные воспоминания о захватывающих рассказах у костра и о дружеской приятной компании с интересным человеком, прожившим непростую и насыщенную событиями жизнь.

## **55**

# **МНОГОГРАННОСТЬ ТАЛАНТА\***

*A. A. Тяпкин*

В январе 1994 года Дмитрию Ивановичу Блохинцеву — выдающемуся советскому физику и крупному организатору советской атомной науки — исполнилось бы 86 лет. В 1979 году внезапно оборвалась жизнь ученого, полного творческих замыслов и надежд на успешное их завершение. Многие хорошо помнят радость общения с этим выдающимся ученым и замечательным человеком. Его научная деятельность началась после окончания университета в 1930 году в качестве аспиранта профессора И. Е. Тамма. В 1934 году написанная им по окончании аспирантуры докторская диссертационная работа была признана достойной присуждения докторской степени, а через два года он избирается профессором кафедры теоретической физики. С тех пор до конца жизни педагогическая деятельность Дмитрия Ивановича была связана с МГУ. Нынешнему молодому поколению ученых интересно будет узнать, что стремление учиться в университете у будущего ученого появилось после переписки с К. Э. Циолковским, а на его окончательный выбор физического факультета повлияло знакомство с удивительными результатами опытов Резерфорда.

Научная и организационная деятельность Д. И. Блохинцева пользуется широкой известностью. В короткой статье нелегко объяснить значение его научных достижений. Однако уже само перечисление разнообразных направлений, в которых получены эти достижения, характеризует удивительную многогранность его яркой научной и общественной деятельности, которая позволяет считать Дмитрия Ивановича достойным последователем весьма редкого универсализма творчества, идущего в русской науке от великого М. В. Ломоносова и продолженного затем такими выдающимися учеными, как Д. И. Менделеев, В. И. Вернадский и С. И. Вавилов.

Д. И. Блохинцев был действительно феноменально разносторонним ученым. Талант физика-теоретика органически сочетался в нем и с незаурядными способностями к философскому обобщению новейших достижений естественных наук, и с редким даром крупного педагога, способного в своих лекциях и книгах просто объяснять сложнейшие вопросы современной теоретической физики. Он был также талантливым инженером-изобретателем, крупным

---

\* Труды семинаров, посвященных 85-летию со дня рождения Д. И. Блохинцева. Дубна: ОИЯИ Д2-94-390, 1995. С. 267–270.

общественным деятелем. К тому же его эмоциональной натуре постоянно требовалось и самовыражение в художественном и поэтическом творчестве.

В области теоретической физики Д. И. Блохинцеву принадлежат выдающиеся научные достижения в самых различных разделах этой обширной науки. В довоенные годы он развел квантовую теорию фосфоресценции твердых тел и дал количественное объяснение эффекту выпрямления тока на границе двух полупроводников. Он рассмотрел эффект Штарка в сильном переменном электрическом поле и предсказал эффект нелинейной зависимости для интенсивности излучаемого света. Позднее развитие таких исследований привело к возникновению новой науки — нелинейной оптики. В 1938 году Д. И. Блохинцев получил новый результат фундаментального значения, предсказав смещение спектральных линий атомов, вызванное обратным действием излучения. Это явление было экспериментально обнаружено в 1947 году американскими учеными и было названо лэмбовским сдвигом по имени первого автора открытия.

В годы Великой Отечественной войны Дмитрий Иванович создал теорию звуковых явлений для неоднородных и движущихся сред, рассмотрев разнообразные задачи большого прикладного значения.

Впоследствии его теоретические исследования целиком сосредоточились на труднейших вопросах теории поля и физики элементарных частиц. В этой области им был получен фундаментальный результат — установлен так называемый «унитарный предел» как энергетический рубеж, при котором ответственное за распады элементарных частиц слабое взаимодействие сравнивается с сильным взаимодействием, что означало открытие неожиданных перспектив перед будущей физикой сверхвысоких энергий. Анализируя экспериментальные данные, он пришел к выводу о необходимости разделения структуры нуклона на центральную и периферическую части, что явилось первым шагом последовавшего затем выяснения сложной структуры нуклонов, установления внутри нуклона силовых центров — партонов. Еще одна важная идея Дмитрия Ивановича о флуктуации плотности вещества в ядрах положила начало целому направлению исследований так называемых кумулятивных процессов в релятивистской ядерной физике (1957). При исследовании расходимостей в квантовой теории поля он пришел к далеко опережающим современный уровень науки радикальным выводам о необходимости изменения геометрии микромира (1970).

Свои теоретические исследования в течение последних трех десятилетий Д. И. Блохинцеву приходилось совмещать с большой организаторской деятельностью в качестве руководителя крупных научно-технических коллективов. В 1950 году он возглавил коллектив по проектированию и сооружению в Обнинске атомной электростанции. Успешный запуск в 1954 году первой в мире атомной электростанции, удостоенный Ленинской премии 1957 года, навсегда связал имя Блохинцева с историей мирного атома.

Именно здесь, в Обнинске, в полной мере проявился инженерный талант руководителя большого инженерно-технического коллектива. Известному теоретику пришлось принимать ответственные инженерные решения по выбору окончательной схемы атомного реактора и основных параметров

электростанции, а затем эффективно вмешиваться и в технические решения возникающих задач. Талант крупного изобретателя в области атомной техники окончательно проявился в его оригинальном предложении импульсного источника нейтронов — исследовательского реактора с большой плотностью нейтронов. Впервые в мире такой импульсный реактор был сооружен в Дубне под руководством Д. И. Блохинцева и И. М. Франка.

В 1956 году Дмитрий Иванович был избран первым директором международного научно-исследовательского центра одиннадцати стран. Здесь уже на международном уровне научного руководства быстро растущим центром полностью развернулась организаторская сторона его многогранного таланта. Следует отметить, что показанный впервые теоретиком Блохинцевым пример успешного руководства крупными экспериментальными институтами получил широкое распространение: крупнейшие физические институты возглавлялись такими известными теоретиками, как В. Вайскопф, А. А. Логунов, Н. Н. Боголюбов и А. Н. Тавхелидзе.

Д. И. Блохинцев всегда уделял большое внимание воспитанию научной молодежи, был одним из инициаторов создания в Дубне учебного центра МГУ (1961). Теперь такое обучение студентов старших курсов при крупных научных институтах практикуется многими вузами страны.

Приведенную выше характеристику яркой научной деятельности Д. И. Блохинцева необходимо дополнить хотя бы краткими сведениями о его постоянном интересе к философским проблемам естествознания. Материалистическое мировоззрение пронизывало все научное и педагогическое творчество ученого. Уже в первом издании его учебника по квантовой механике (1944) было явно обозначено стремление дать материалистическое истолкование необычным физическим законам микромира. Этой проблемой он успешно занимался и все последующие годы. Ему удалось на основе концепции квантовых ансамблей и уяснения принципиальной роли макроскопических условий движения микрообъекта вскрыть объективное содержание этой теории.

Как крупный научный руководитель Д. И. Блохинцев постоянно привлекался к активной общественной деятельности: был членом Комитета по Ленинским премиям, членом Советского Комитета защиты мира и советником при Генеральном секретаре ООН; избирался президентом Международного союза чистой и прикладной физики при ООН. Друзьям Дмитрия Ивановича хорошо известно, что, помимо большой официальной общественной работы, он брал на себя и дополнительные заботы. Так, например, после отдыха в горах он оказал содействие расширению работы альплагерей в зимнее время, а после посещения спектакля Щукинского училища он обратился в Моссовет с письменным предложением создать в Москве драматический театр во главе с Ю. П. Любимовым — руководителем этой группы выпускников училища.

Большой интерес всегда вызывали выступления Д. И. Блохинцева на общественных собраниях. В них четко проступали гражданская позиция руководителя, мудрость и профессионализм авторитетного ученого, а также остроумие и красноречие большого мастера живого слова. Те же черты характерны были и для его выступлений в центральной печати на темы

о фундаментальной и прикладной науке, о сущности научного творчества и роли ученого в современном обществе.

В целях сокращения я отказываюсь от традиционного для подобных статей перечисления официальных признаний заслуг ученого и заканчиваю свой рассказ о выдающемся ученом его же словами: «Я верю в силу разума и возможность гармонии между ним и эмоциями. Нам, людям, нужна вера в благонамеренность Будущего, творимого природой и человеком, потеря такой веры означала быувядание человеческого рода».

## 56

### МЫСЛИТЕЛЬ И ПОЭТ<sup>\*</sup>

*Е. П. Шабалин*

Все, кто более или менее знал Дмитрия Ивановича Блохинцева, наслушаны о широте его интересов. Он был автором не только многократно издававшихся учебников по квантовой механике, работ и изобретений в технике ядерных реакторов, философских статей, но и автором ряда книг по различным областям технической и прикладной физики.

С многогранностью интересов Дмитрия Ивановича связан забавный эпизод, произошедший в Японии в 1976 году, где мне посчастливилось быть вместе с ним. За Дмитрием Ивановичем буквально по пятам все время ходил один участник симпозиума — немолодой японский ученый. Мы чувствовали, что он что-то хочет спросить, но, видимо, стесняется. Наконец, он подошел ко мне и задал такой вопрос: «Простите, пожалуйста, не есть ли доктор Блохинцев родственник Блохинцева — автора учебника по квантовой механике?» Узнав, что это один и тот же человек, японец был очень обрадован и изумлен. Изумлен потому, что на симпозиуме Блохинцев выступал как специалист по физике и технике импульсных реакторов, а обрадован потому, что получил возможность пообщаться с человеком, по книге которого несколько десятилетий учит студентов. Однако потрясению японского физика не было предела, когда из дальнейшего разговора он узнал, что автор монографии по акустике — все тот же Блохинцев.

В образе мышления Дмитрия Ивановича гармонично сочетались мыслитель и поэт. Часто приходилось слышать от него поэтическую образную интерпретацию физического явления или устройства. В качестве примера можно привести его статью «Импульсный быстрый», в которой Дмитрий Иванович рассказал о пуске первого в мире импульсного реактора ИБР в 1960 году, автором идеи и инициатором создания которого он являлся.

В оценке общечеловеческих проблем и отношений Дмитрий Иванович был не менее глубок и поэтичен. В том же 1960 году, выступая уже как физик-теоретик на научной конференции в США, Блохинцев сравнил Землю и ее жителей с большим космическим кораблем. И это уже было не только блестящим сравнением, но и программой действий, программой мира.

---

\* Труды семинара, посвященного 75-летию со дня рождения Д. И. Блохинцева (Дубна, 23 января 1983 г.). Дубна: ОИЯИ 85-570, 1986. С. 51.

## 57

### СЛОВО ОБ УЧЕНОМ\*

*B. Г. Соловьев*

С Дмитрием Ивановичем Блохинцевым я был постоянно связан в течение последних 23 лет его жизни. Запомнилась первая встреча. Весной 1956 года Дмитрий Иванович собрал у себя теоретиков, работавших в Институте ядерных проблем АН СССР и в Электрофизической лаборатории АН СССР. Он расспросил о нашей научной работе, о полученных результатах и планах. Рассказал нам об организации ОИЯИ и поделился соображениями о создании двух новых лабораторий — ЛТФ и ЛНФ. Рассказывая, он как бы советовался с нами, молодыми физиками. Такой стиль общения был характерен для него и необычен для нас. Его знания, энтузиазм и демократичность произвели на нас большое впечатление.

Хочется напомнить, что организационная структура ОИЯИ, его управление, лаборатории в значительной степени были разработаны самим Дмитрием Ивановичем. Из ИЯП была выделена Лаборатория ядерных реакций. Были созданы Лаборатория теоретической физики и Лаборатория нейтронной физики, на должности директоров которых он пригласил Н. Н. Боголюбова и И. М. Франка. Развернулось строительство. Особенно большое внимание Дмитрий Иванович уделял скорейшему сооружению корпуса ЛТФ с конференц-залом и общепринятой библиотекой.

Расскажу об одном эпизоде. В декабре 1956 года привезли из Ленинграда проект здания ЛТФ. Этот проект понравился многим, в том числе административному директору Института В. Н. Сергиенко. Николай Николаевич Боголюбов в это время был в заграничной командировке. Дмитрий Иванович попросил меня посмотреть проект. Я ознакомился с ним и обратил внимание Дмитрия Ивановича на то, что комнаты в  $30\text{ м}^2$  не подходят теоретикам. Он согласился, что если в комнате больше двух-трех человек, то работа у теоретиков идет плохо. Но проект был готов, и корпус нужен был как можно быстрее. В течение дня мы несколько раз обсуждали этот проект. На другой день утром Дмитрий Иванович принял решение — переделать проект здания ЛТФ, и сам нарисовал контуры нового корпуса. В новое здание ЛТФ мы въехали в апреле 1959 года.

Мне представляется, что за время работы в ОИЯИ Дмитрий Иванович наибольшее внимание уделял ЛТФ и ИБР-1, потом ИБР-2. При решении

---

\* Труды семинара, посвященного 75-летию со дня рождения Д. И. Блохинцева (Дубна, 23 января 1983 г.). Дубна: ОИЯИ 85-570, 1986. С. 53–54.

возникавших в ЛТФ вопросов он всегда исходил из интересов дела. Обычно А. Н. Тавхелидзе и я (его заместители) приходили к Дмитрию Ивановичу, излагали ситуацию и вносили предложения. Решения выносились быстро, как правило, одобрительные, но оставались мы в кабинете у Дмитрия Ивановича долго. Он рассказывал нам, какой научной задачей он занят или что его заинтересовало. Обсуждались пути решения задачи. Потом разговор переходил на другие научные вопросы, на развитие физики, на вопросы международной и внутренней политики или искусства. Беседа с Дмитрием Ивановичем всегда доставляла большое наслаждение, и уйти от него было трудно. Дмитрий Иванович был хорошим рассказчиком, он говорил образно и очень интересно. Я помню, как в 1961 году он первый раз был у нас дома и своими рассказами заворожил моих родных и друзей. Потом я много раз был свидетелем того, с каким большим интересом его слушали в самых различных аудиториях.

В течение многих лет совместно с Дмитрием Ивановичем пришлось решать много вопросов как очень простых и легких, так и довольно больших и сложных. Не так уж редко я не соглашался с Дмитрием Ивановичем, но за все 23 года совместной работы я не слышал от него в свой адрес ни одного грубого слова или упрека, не помню ни одного случая раздраженного тона или повышенного голоса. А ведь это ой как не просто!

## 58

# ВОСПОМИНАНИЯ О ДМИТРИИ ИВАНОВИЧЕ БЛОХИНЦЕВЕ\*

*P. M. Лебедев*

Впервые я познакомился с Дмитрием Ивановичем, как с профессором физического факультета МГУ, при сдаче экзамена по квантовой механике.

Дмитрий Иванович относился к тому типу «старой» профессуры, которая на экзаменах главное внимание обращала не на формально полученные знания, а на знания, связанные с сообразительностью студента, с умением мыслить. Такой подход позволил Дмитрию Ивановичу завоевать у студентов особый авторитет и уважение.

Впоследствии, начиная с 1956 года, я имел удовольствие работать под руководством Дмитрия Ивановича на поприще «административной физики» в Объединенном институте ядерных исследований, директором которого он был избран.

Часы, проведенные с Дмитрием Ивановичем при подготовке его отчетных докладов Ученому Совету ОИЯИ о научной деятельности лабораторий, я всегда вспоминаю с чувством глубокой удовлетворенности и благодарности Дмитрию Ивановичу за то, что достаточно скучное занятие по подготовке годовых отчетов Дмитрий Иванович превращал в интереснейший познавательный процесс. Будучи директором, Дмитрий Иванович довольно часто отвлекался, делая живописные наброски. Живопись–рисунок, пожалуй, являлись хобби Дмитрия Ивановича. Он имел острый проникающий взгляд художника, отображающего то или иное событие.

Как ученый-физик Дмитрий Иванович любил и пофантазировать: однажды он задал мне вопрос: «А что будет, если где-то в космическом пространстве протон с энергией 10 в тридцать пятой степени электронвольт столкнется с покоящимся протоном?» И тут же сам ответил на этот вопрос. Дмитрий Иванович сделал некоторые оценки и сказал: что такое столкновение вполне может привести к рождению мира и антимира. Впоследствии эти соображения были опубликованы в журнале «Успехи физических наук». Вот к каким удивительным следствиям может привести шутка талантливого ученого-физика.

---

\* Труды семинаров, посвященных 85-летию со дня рождения Д. И. Блохинцева. Дубна: ОИЯИ Д2-94-390, 1995. С. 271–272.

Кроме науки и живописи, Дмитрий Иванович очень любил природу, в особенности горы. Он считал, что лучше гор могут быть только горы. Дмитрий Иванович регулярно отдыхал в альплагерях «Домбай» и «Алибек». В «Алибеке» он забирался на горных лыжах почти на самую вершину «Семенов башни» и постепенно спускался к лагерю «Алибек».

Большое жизнелюбие и тяга к познаниям нового, — вот, пожалуй, основные черты характера Дмитрия Ивановича.

## 59

### ИЗБРАННЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ\*

Без преувеличения можно сказать, что на конференцию в Дубне собрался цвет современной теоретической физики. Организаторы стремились к высокому, достойному памяти Дмитрия Ивановича, уровню конференции — и это им удалось.

Открыл конференцию 23 июня академик А. Н. Сисакян — председатель оргкомитета, в состав которого вошли академики Л. Д. Фадеев, В. А. Матвеев, А. А. Славнов, член-корреспондент РАН Л. Н. Липатов и другие известные ученые. Директор ОИЯИ приветствовал участников конференции и коротко остановился на основных вехах жизни и деятельности Д. И. Блохинцева, его вкладе в науку.

Первое пленарное заседание вел научный руководитель ОИЯИ академик В. Г. Кадышевский.

Программа конференции была выстроена таким образом, и это, несомненно, заслуга оргкомитета, что пленарные доклады и секционные заседания охватили обширный круг проблем, которыми в разные периоды занимался Д. И. Блохинцев, — квантовая механика и квантовая теория поля, теория электрослабых взаимодействий, астрофизика и космология, математическая физика. Такой широкий тематический спектр придал конференции особое своеобразие и динамизм. А сам юбилей Дмитрия Ивановича создал атмосферу праздничной приподнятости. Каждый участник конференции получил в подарок экземпляр юбилейного календаря и книгу — автореферат «Мой путь в науке», которую Дмитрий Иванович написал незадолго до смерти. По просьбе корреспондента еженедельника «Дубна» участники конференции поделились своими впечатлениями.

**Академик А. А. Славнов (Москва):** Сегодня особенно хорошо видна такая особенность, которая меня всегда не то чтобы поражала, а радовала в Дмитрии Ивановиче, — это широта его подходов не только в теоретической физике, а во всем, за что он брался, — и в акустике, которой он занялся во время войны, и в строительстве АЭС, и в квантовой механике...

При этом он никогда не был догматиком, «узким» человеком. Например, эти конференции. Их задумал и много лет назад организовал Дмитрий Иванович. Я был на первой, она называлась: «Нелокальные, нелинейные, неперенормируемые теории», и, несмотря на строгую определенность темы,

---

\* Международная конференция, посвященная 100-летию со дня рождения Д. И. Блохинцева (Дубна, 23–27 июня 2008 г.).

дискуссии и обсуждения выходили за ее пределы. Можно было услышать любые точки зрения, и Дмитрий Иванович всегда приветствовал это. Еще при своей жизни он расширил тематическую направленность этой конференции, и на ней стали обсуждаться актуальные проблемы квантовой теории поля. На конференции съезжались ведущие теоретики, поднимался широкий круг проблем.

Можно, конечно, сказать и о более частных вещах. Например, Дмитрий Иванович занимался нелокальными теориями поля. Это, как сегодня было отмечено, были его любимые теории, хотя здесь он пошел, по-видимому, не тем путем. Но само направление оказалось верным, и современные теории струн, которые сейчас играют большую роль в физике, безусловно, вытекают из нелокальных теорий, правда, специфических, но о которых мечтал Дмитрий Иванович. Идею он угадал правильно. Это тоже, на мой взгляд, очень важно сказать о нем как об ученом. Но я еще раз подчеркну, что меня в нем привлекали широта во всем, интерес к науке, жизни...

Мне доводилось общаться с Дмитрием Ивановичем, он был прост, доступен, без тени превосходства старшего перед младшим. К своим ученикам и молодым сотрудникам относился как к коллегам. Он не стеснялся учиться, задавал вопросы, высказывал свое мнение, но никогда его не навязывал. У меня остались очень теплые воспоминания о Дмитрии Ивановиче как об ученом и человеке.

**Профессор Ж. Лаберриг-Фролова (Париж, Франция):** Мне очень приятно снова побывать в Дубне. Первое мое знакомство с ней состоялось в 1956 г. Меня попросил поехать сюда Фредерик Жолио-Кюри, мой учитель. Дмитрий Иванович меня очень хорошо встретил, поскольку я была ученицей Жолио, и я стала работать у Бруно Понтекорво. 8 месяцев пролетели быстро, это было счастливое время, я встретила здесь много интересных людей — М. Даныша, Я. Смородинского и других. На выставке, посвященной Дмитрию Ивановичу, здесь, в ЛТФ, есть фотография, где Блохинцев идет вместе с Жолио, Данышем, а я со стороны смотрю на них. Это было в 1956 г., когда директором ОИЯИ стал Дмитрий Иванович и по его приглашению в Институт приехал Жолио-Кюри. Я выросла в русской семье, мой отец был ученым, и через него я познакомилась с Жолио. Под его влиянием увлеклась физикой. Это был человек настолько влюбленный в науку, обладающий такой заразительной силой убеждения, наделенный удивительными человеческими чертами, что просто невозможно было не пойти в физику к такому учителю. Он был убежден, что ядерная энергия освободит человечество от всех проблем. Может, так и будет, кто знает? Науке я посвятила жизнь, имею докторскую степень, а о Дубне остались самые светлые воспоминания. Пока я здесь работала, много общалась с Дмитрием Ивановичем и его семьей, и это общение мне доставляло истинное наслаждение. Серафима Иосифовна, жена Дмитрия Ивановича, была изумительно глубоким и тонким человеком. Наши беседы с Дмитрием Ивановичем не ограничивались только физикой, мы много говорили о философии, искусстве, и меня всегда удивляли его широкая образованность и оригинальность суждений. Я считаю большой заслугой Дмитрия Ивановича, что он стремился сделать Институт поистине

интернациональным, он придавал международным связям большое значение и приглашал сюда самых выдающихся ученых с мировыми именами.

Хочу поблагодарить организаторов конференции за приглашение и возможность побывать в Дубне.

**Профессор И. Я. Арефьев (Москва):** В моем представлении Дмитрий Иванович — наш Леонардо да Винчи. Можно только удивляться и восхищаться масштабом его личности. Конечно, уникально такое сочетание: физик-теоретик, инженер, организатор науки, философ, поэт, художник — и все это в одном лице и на самом высоком уровне. Меня, кстати, удивило, что он на первом курсе трудно учился, это я прочитала в автореферате его работ, но там же есть и объяснение — приходилось работать по ночам, днем учиться.

Меня удивило и то, что мальчик написал письмо Циолковскому, который, кстати, не так уж хорошо был известен в широких кругах. Это говорит о том, что у Дмитрия Ивановича с детства был интерес к чему-то новому, необычному в науке, и шел он к этому целенаправленно.

Мне кажется, что именно широта мировоззрения Дмитрия Ивановича позволила ему быть и блестящим теоретиком и замечательным экспериментатором. У нас в науке таких примеров немного. И еще — желание щедро делиться своими знаниями и постоянно черпать новые. Например, эти конференции — идея принадлежит ему. Уже тринадцатая по счету (по-моему, здесь ни у кого нет предрассудков по поводу «чертовой дюжины»), на мой взгляд, прошла очень успешно. На конференцию собрались практически все самые известные в этой области ученые, были интересные и разнообразные доклады, оживленные дискуссии... Приехали академики Л. Д. Фадеев, А. А. Славнов, член-корреспондент РАН Л. Н. Липатов, известный итальянский физик Адриано Ди Джакомо и другие. Что касается тематики, то она отвечала духу и традициям конференций, задуманных Дмитрием Ивановичем как широкая трибуна для обмена самыми актуальными идеями в теоретической физике.

**Профессор Э. Капусцик (Лодзь-Краков, Польша):** Мне посчастливило в своей жизни встретить многих выдающихся физиков. У одного из них — Абдуса Салама, нобелевского лауреата, я был в качестве помощника несколько месяцев. Я работал также здесь, в ОИЯИ, заместителем Николая Николаевича Боголюбова. Встречи и совместная работа с Дмитрием Ивановичем Блохинцевым — одно из самых ярких впечатлений моей жизни. Я узнал о нем еще до того, как оказался в Дубне. Дело в том, что у меня, когда я был студентом, была такая привычка — знакомиться заранее с теми предметами, которые мне предстояло изучать на следующем курсе. Во время летних каникул мой бывший школьный учитель дал мне много книг по физике и в том числе учебник «Введение в квантовую механику» Д. И. Блохинцева. Она меня так заинтересовала, что я, не зная тогда русского языка, учил его по этой книге при помощи словаря.

Когда я приехал в Дубну на работу, то уже тогда знал, кто такой Блохинцев, знал его достижения, и когда он приходил на семинары — было просто наслаждение его слушать. Я многому у него научился. Мне посчастливило побывать на конференции, посвященной 95-летию Дмитрия Ивановича,

и очень хотелось участвовать в этой. Могу сказать, что я рад предоставленной возможности приехать и выступить здесь.

**Профессор Б. М. Барбашов, заместитель председателя оргкомитета по празднованию юбилея Д. И. Блохинцева (ОИЯИ):** Итогом этой конференции будет издание трудов, что мы делаем каждый раз. На этой конференции мы раздавали участникам напечатанную в нашем издательском отделе книгу «Дмитрий Иванович Блохинцев», в которую впервые изданный автореферат научных работ Дмитрия Ивановича «Мой путь в науке», а также вошли библиография его трудов и основные даты жизни и деятельности. Автореферат, написанный Дмитрием Ивановичем незадолго до кончины, представляет собой оригинальный пример оценки автором своего вклада в копилку физических знаний, оставленную нам в наследство двадцатым столетием. И хотя сюда вошли не все работы, он дает достаточно полное представление о широчайшем круге научных интересов Д. И. Блохинцева и достигнутых им выдающихся результатах в разных областях физики и ее приложениях.

В настоящее время в издательстве «Наука» готовится двухтомник трудов Д. И. Блохинцева. Подготовку этого издания ведет сотрудник ЛТФ ОИЯИ доктор физико-математических наук В. В. Нестеренко. Надо сказать, что оргкомитет юбилейных мероприятий немало потрудился — в январе состоялся однодневный семинар, где с докладами выступили академик А. А. Славнов и доктор физико-математических наук А. Л. Куземский, был показан документально-биографический фильм, сделанный по инициативе и самом активном участии Б. М. Старченко и Ю. А. Туманова оператором дубненского телевидения И. Бельведерским. Этот фильм демонстрировался и на конференции. Была подготовлена и открыта в доме культуры «Мир» выставка живописных работ Дмитрия Ивановича, сделан замечательный юбилейный календарь, прошли триотовыставки. В юбилейный год удалось сдвинуть «с мертвоточки» и оформление могилы Д. И. Блохинцева — она, наконец, приобрела вид, достойный имени выдающегося ученого.

Хочу отметить роль ученого секретаря лаборатории Сергея Николаевича Неделько в организации всех юбилейных мероприятий, проведение которых потребовало большого напряжения сил. Большую работу провели Елена Колганова и Ирина Пироженко по подготовке этой конференции. Конференция еще раз показала, как долго и прочно имя Д. И. Блохинцева объединяет физиков и как современны его научные идеи. Она была организована при поддержке фондов РFFИ и «Династия», а также «Блохинцев–Вотруба», «Боголюбов–Инфельд», «Гейзенберг–Ландау».

**Т. Д. Блохинцева (ОИЯИ):** От имени семьи Дмитрия Ивановича хочется поблагодарить организаторов и участников конференции. Большое спасибо председателю оргкомитета, директору ОИЯИ Алексею Норайровичу Сисакяну, много сделавшему для успешного проведения всех мемориальных мероприятий. Спасибо научному руководителю Института В. Г. Кадышевскому — за постоянное внимание к конференции и активное в ней участие. Пользуюсь случаем сердечно поблагодарить Бориса Михайловича Барбашова — столько, сколько сделал он в память об учителе за 30 лет,

прошедших после кончины Дмитрия Ивановича, хватило бы с лихвой на десять человек, и каждому из них надо было бы поклониться. Глубокая благодарность ученому секретарю ЛТФ Сергею Неделько, на плечи которого легла ответственность буквально за все. Большое спасибо советнику дирекции ЛТФ В. И. Журавлеву, оказавшему неоценимую помощь в проведении мероприятий, В. В. Нестеренко, который с предельной тщательностью готовит к изданию труды Дмитрия Ивановича, активному члену оргкомитета А. В. Ефремову. Очень признательна А. Л. Куземскому, подготовившему фундаментальный обзор ранних работ Дмитрия Ивановича по теории твердого тела. Очень приятно поблагодарить молодое поколение сотрудников ЛТФ и лично Елену Колганову и Ирину Пироженко за квалифицированную и эффективную помощь. Большое спасибо начальнику научно-информационного отдела ОИЯИ Б. М. Старченко, вклад которого в организацию юбилейных мероприятий невозможно переоценить. Хочется поблагодарить фотомастера Ю. А. Туманова, художника Ю. Г. Мешенкова. Спасибо журналистам города и Института за постоянное внимание к юбилею, директору телеканала «Дубна» Л. И. Зориной, оператору И. Бельведерскому за фильм о Дмитрии Ивановиче и серию телерепортажей. Хочется поблагодарить сотрудников издательского отдела ОИЯИ во главе с А. Н. Шабашовой, коллектив научной библиотеки под руководством Е. В. Ивановой. Спасибо Е. Н. Голубевой, Л. П. Корнейчуку, А. М. Тарасовой за организацию «кофейных» перерывов для участников конференции. Хочу также поблагодарить сотрудников музея науки и техники ОИЯИ В. Д. Ефимову и А. А. Растиргуева за подготовку выставки, посвященной Д. И. Блохинцеву. Большая благодарность дирекции дома культуры «Мир» и лично Л. Н. Орлович за организацию выставки живописных работ Дмитрия Ивановича.

Конференция подвела итог юбилейным мероприятиям. Высокий уровень докладов, безукоризненная организация, активное участие молодежи, чрезвычайно приятная атмосфера конференции — это лучшее, что можно было бы сделать в память о Дмитрии Ивановиче.

*По материалам статьи: Н. С. Кавалерова  
«Путь в науке продолжается»,  
газета «Дубна», № 27 (3916) от 18 июля 2008 г.*

## **60**

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК ТРУДОВ Д. И. БЛОХИНЦЕВА\***

#### **1932**

1. Дискуссия о структуре атомного ядра. Лондонское королевское общество, 28 апреля 1932 г. (Пер. отчета из журн. «Proc. Roy. Soc.») // УФН. — 1932. — Т. 12, вып. 5/6. — С. 525–556.
2. Модельное изображение электронного облака водородоподобных атомов // УФН. — 1932. — Т. 12, вып. 1. — С. 160–171. — Библиогр.: 8.
3. Über die Austrittsarbeit der Elektronen aus Metallen (О работе выхода электронов из металла) // Z. Physik. — 1932. — Bd. 77, Hf. 11/12. — S. 774–777. — Совместно с И. Е. Таммом.  
То же: см. п. 8, 365.
4. Über die Temperaturabhängigkeit des Photoeffektes reiner Metalle (О температурной зависимости фотоэффекта на чистых металлах) // Phys. Z. Sowjetunion. — 1932. — Bd. 1, Hf. 6. — S. 781–797.

#### **1933**

5. К теории движения электронов в кристаллической решетке // ЖЭТФ. — 1933. — Т. 3, вып. 6. — С. 475–498.  
То же на нем. яз.: см. п. 16.
6. Шредингер Е. // Большая сов. энцикл. — М.: Сов. энцикл., 1933. — Т. 62. — С. 655–666.
7. О работе выхода электронов из металлов // ЖЭТФ. — 1933. — Т. 3, вып. 1. — С. 31–33. — Совместно с И. Е. Таммом.
8. \*О работе выхода электронов из металла // ЖЭТФ. — 1933. — Т. 3, вып. 2. — С. 77–100. — Совместно с И. Е. Таммом.  
То же на нем. яз.: Über die Austrittsarbeit der Elektronen aus Metallen // Phys. Z. Sowjetunion. — 1933. — Bd. 3, Hf. 2. — S. 170–205.  
То же: см. п. 3, 365.
9. \*Zur Theorie der anomalen magnetischen und thermoelektrischen Effekte in Metallen (К теории аномального магнитного и термоэлектрического эффектов в металлах) // Z. Phys. — 1933. — Bd. 84, Hf. 3/4. — S. 168–194. — Совместно с Л. Нордгеймом.

---

\* Составители: В. В. Лицитис, Е. В. Иванова (Научно-техническая библиотека ОИЯИ, Дубна). Статьи, отмеченные одной звездочкой, опубликованы в данном томе. Статьи, отмеченные двумя звездочками, войдут во 2-й том избранных трудов Д. И. Блохинцева.

10. \*Zur Theorie des Starkeffektes im zeitveränderlichen Feld (К теории эффекта Штарка в переменном поле) // Phys. Z. Sowjetunion. — 1933. — Bd. 4, Hf. 3. — S. 501–515.

### 1934

11. Борьба вокруг закона сохранения и превращения энергии в современной физике // Под знаменем марксизма. — 1934. — № 2. — С. 97–106. — Совместно с Ф. М. Гальпериным.
  12. Волновая механика // Курс физики: Учеб. для высш. пед. учеб. заведений / Под ред. К. А. Путилова. — М.: Госпредиздат, 1934. — Гл. XX: Физика атома. — С. 693–703.
  13. \*\*Гипотеза нейтрино и закон сохранения энергии // Под знаменем марксизма. — 1934. — № 6. — С. 147–157. — Совместно с Ф. М. Гальпериным.
  14. \*К теории фосфоресценции (Zur Theorie der Phosphoreszenz) // ДАН СССР. — 1934. — Т. 2, № 2. — С. 76–81. — Библиогр.: 9. Пер. на нем. яз.
  15. Квантово-механическая теория адсорбции // Успехи химии. — 1934. — Т. 3, вып. 4. — С. 586–609. — Библиогр.: 16. — Совместно с Ш. Шехтером.
  16. Zur Theorie der Elektronenbewegung in Kristallgitter (К теории движения электронов в кристаллической решетке) // Phys. Z. Sowjetunion. — 1934. — Bd. 5, Hf. 2. — S. 316–343.
- То же: см. п. 5.

### 1935

17. Время жизни частиц в адсорбированном состоянии // ЖЭТФ. — 1935. — Т. 5, вып. 9. — С. 771–778. — Совместно с Ш. Шехтером.  
То же на нем. яз.: Die Lebensdauer von Teilchen im absorbierten Zustande // Acta Physicochimica URSS. — 1935. — Bd. 3, Hf. 6. — S. 767–778.
18. К теории дейтрана // ЖЭТФ. — 1935. — Т. 5, вып. 10. — С. 907–910.  
То же на нем. яз.: Zur Deuton-Theorie // Phys. Z. Sowjetunion. — 1935. — Bd. 8, Hf. 3. — S. 270–274.
19. \*К теории поглощения света в гетерополярных кристаллах // ЖЭТФ. — 1935. — Т. 5, вып. 6. — С. 470–477.  
То же на нем. яз.: Zur Theorie der Lichtabsorption in heteropolaren Kristallen // Phys. Z. Sowjetunion. — 1935. — Bd. 7, Hf. 5/6. — S. 639–651.
20. К теории термоионной постоянной для чистых металлов // ЖЭТФ. — 1935. — Т. 5, вып. 1. — С. 11–21. — Совместно с С. И. Драбкиной.  
То же на нем. яз.: Zur Theorie der Thermoionenkonstante für reine Metalle // Phys. Z. Sowjetunion. — 1935. — Bd. 7, Hf. 4. — S. 484–500.
21. О поглощении и рассеянии рентгеновских лучей // ЖЭТФ. — 1935. — Т. 5, вып. 1. — С. 1–10. — Совместно с Ф. М. Гальпериным.  
То же на нем. яз.: Über die Absorption und Streuung der Röntgenstrahlen // Phys. Z. Sowjetunion. — 1935. — Bd. 7, Hf. 2. — S. 175–188.

**1936**

22. Атомистика в современной физике // Под знаменем марксизма. — 1936. — № 5. — С. 102–123. — Совместно с Ф. М. Гальпериным.
23. \*Замечания к теории фосфоресценции // ЖЭТФ. — 1936. — Т. 6, вып. 10. — С. 1060–1061. — Библиогр.: 2.  
То же на нем. яз.: Bemerkungen zur Phosphoreszenztheorie // Phys. Z. Sowjetunion. — 1936. — Bd. 10, Hf. 3. — S. 424–426.
24. \*К теории окрашенных кристаллов // ЖЭТФ. — 1936. — Т. 6, вып. 10. — С. 1053–1059. — Библиогр.: 6.  
То же на нем. яз.: Zur Theorie der gefärbten Kristalle // Phys. Z. Sowjetunion. — 1936. — Bd. 10, Hf. 4. — S. 431–441.
25. Материя, масса и энергия // Антирелигиозник. — 1936. — № 3. — С. 10–14. — Совместно с Ф. М. Гальпериным.
26. Что такое теория относительности / Ред. С. И. Вавилов. — М.; Л.: ОНТИ, 1936. — 60 с.: ил. — (Научн. беседы выходного дня.)
27. Эфир // Фронт науки и техники. — 1936. — № 6. — С. 49–55. — Совместно с Ф. М. Гальпериным.

**1937**

28. \*Кинетика фосфоресценции // ЖЭТФ. — 1937. — Т. 7, вып. 11. — С. 1242–1251. — Библиогр.: 7.  
То же на нем. яз.: Die Kinetik der Phosphoreszenz // Phys. Z. Sowjetunion. — 1937. — Bd. 12, Hf. 5. — S. 586–601.
29. О статье Н. П. Кацерина «Обобщение основных уравнений аэродинамики и электродинамики» // Изв. АН СССР. Сер. физ. — 1937. — № 3. — С. 425–436. — Совместно с М. А. Леонтьевичем, Ю. Б. Румером, И. Е. Таммом, В. А. Фоком, Я. И. Френкелем.

**1938**

30. \*\*Смещение спектральных линий, вызванное обратным действием поля излучения: Докл. на семинаре ФИАН, 1938 г. (Статья направлена в «ЖЭТФ»).
31. В чем заключаются основные особенности квантовой механики // Сов. наука. — 1938. — № 4. — С. 47–61.
32. Дифракция молекул // ЖЭТФ. — 1938. — Т. 8, вып. 12. — С. 1249–1254.
33. \*К теории твердых выпрямителей // ДАН СССР. — 1938. — Т. 21, № 1/2. — С. 22–25. — Библиогр.: 3. — Совместно с Б. Давыдовым.
34. Обобщение вильсоновской теории полупроводников // ЖЭТФ. — 1938. — Т. 8, вып. 8/9. — С. 945–947. — Совместно с Б. Спасским.
35. Современные взгляды на природу диэлектриков и проводников // Электрическая изоляция: Сб. материалов. — М.: Изд-во Отрасл. бюро техн. информ. Главэлектропрома Наркоммаша (при ВЭИ), 1938. — С. 144–154. — Библиогр.: 4.

**1939**

36. \*Гидродинамика электронного газа // ЖЭТФ. — 1939. — Т. 9, вып.10. — С. 1166–1168. — Библиогр.: 3.  
То же: см. п. 38.
37. \*Спектры флуоресценции и абсорбции сложных молекул // ЖЭТФ. — 1939. — Т. 9, вып. 4. — С. 459–466.  
То же на англ. яз.: The Spectra of Fluorescence and Absorption of Complex Molecules // J. Phys. — 1939. — V. 1, № 2. — P. 117–124.

**1940**

38. Гидродинамика электронного газа // Физ. зап. АН УССР. — 1940. — Т. 8, № 2. — С. 143–147.  
То же: см. п. 36.
39. Пробой в сжатом газе при больших давлениях и малых расстояниях // ЖТФ. — 1940. — Т. 10, вып. 5. — С. 357–368. — Библиогр.: 5. — Совместно с Б. М. Вулом и Я. М. Парнасом.  
То же на англ. яз.: Breakdown in Compressed Gases at High Pressures and Small Distances // J. Phys. — 1940. — V. 2, № 3. — P. 217–232.
40. \*\*Связь квантового ансамбля с классическим ансамблем Гиббса. II // ЖЭТФ. — 1940. — Т. 10, вып. 11. — С. 1263–1266. — Библиогр.: 3. — Совместно с П. Э. Немировским.  
То же на англ. яз.: Connections of the Quantum Ensemble with the Gibbs Classical Ensemble. II // J. Phys. — 1940. — V. 3, № 3. — P. 191–194.
41. Теория относительности А. Эйнштейна. — М.; Л.: Гостехиздат, 1940. — 106 с. — Совместно с С. И. Драбкиной.
42. \*\*The Gibbs Quantum Ensemble and Its Connection with the Classical Ensemble // J. Phys. — 1940. — V. 2, № 1. — P. 71–74.

**1941**

43. \*\*О разделении системы на части — квантовую и классическую // ЖЭТФ. — 1941. — Т. 11, вып. 2/3. — С. 222–225. — Библиогр.: 4. — Совместно с Я. Б. Дащевским.
44. [Рецензия] // УФН. — 1941. — Т. 25, вып. 2. — С. 251. — Рец. на кн.: Хайкин С. Э. Что такое силы инерции (физическое введение в механику). — М.: Гостехиздат, 1940. — 120 с.
45. Современное состояние теории фосфоресценции // Изв. АН СССР. Сер. физ. — 1941. — Т. 5, № 4/5. — С. 532–535.

**1942**

46. \*Излучение ускоренно движущегося источника звука // Изв. АН СССР. Сер. физ. — 1942. — Т. 6, № 1/2. — С. 66–69. — Библиогр.: 3.
47. \*Колебания системы связанных источников звука и резонаторов // ЖТФ. — 1942. — Т. 12, вып. 6. — С. 317–323.
48. О силах обратного действия // ЖЭТФ. — 1942. — Т. 12, вып. 1/2. — С. 29–33.
49. \*Сопротивление пористых перегородок потоку воздуха // ЖТФ. — 1942. — Т. 12, вып. 8. — С. 484–488. — Библиогр.: 4.

**1943**

50. \*Влияние резонатора на излучение источника звука // ЖТФ. — 1943. — Т. 13, вып. 11/12. — С. 703–709. — Библиогр.: 3.
51. \*Затухание собственных колебаний рупора // ЖТФ. — 1943. — Т. 13, вып. 11/12. — С. 710–712.
52. On the Forces of Dry Friction (О силах сухого трения) // J. Phys. — 1943. — V. 7, № 1. — P. 29–36. — Совместно с Е. Адировичем.

**1944**

53. Введение в квантовую механику: Учебн. для ун-тов. — М.; Л.: ОГИЗ; Гостехиздат, 1944. — 484 с.: ил.  
То же: см. п. 80, 112–113, 174, 211, 373, 416, 434.
54. \*Распространение звука в неоднородной и движущейся среде // ДАН СССР. — 1944. — Т. 45, № 8. — С. 343–346.

**1945**

55. \*Вихревой звук // ЖТФ. — 1945. — Т. 15, вып. 1/2. — С. 71–83. — Библиогр.: 9.
56. \*Возбуждение резонаторов потоком воздуха // ЖТФ. — 1945. — Т. 15, вып. 1/2. — С. 63–70. — Библиогр.: 3.
57. \*Движущийся приемник звука // ДАН СССР. — 1945. — Т. 47, № 1. — С. 22–25. — Библиогр.: 3.
58. \*К расчету затухания акустического рупора // ЖТФ. — 1945. — Т. 15, вып. 1/2. — С. 84–88. — Библиогр.: 7.
59. \*Распространение звука в турбулентном потоке // ДАН СССР. — 1945. — Т. 46, № 4. — С. 150–153. — Библиогр.: 9.
60. Релятивистски-инвариантное обобщение законов взаимодействия элементарных частиц // Ученые зап. МГУ. Вып. 77. Физика. — 1945. — Кн. 3. — С. 101–111. — Библиогр.: 6.
61. Современное состояние теории фосфоресценции // Изв. АН СССР. Сер. физ. — 1945. — Т. 9, № 4/5. — С. 391–402. — Библиогр.: 24.

**1946**

62. Акустика неоднородной движущейся среды. — М.; Л.: Гостехиздат, 1946. — 220 с.: ил. — Библиогр.: 55.  
То же: см. п. 94, 111, 411.
63. Вычисление естественной ширины спектральных линий стационарным методом // ЖЭТФ. — 1946. — Т. 16, вып. 11. — С. 965–967.
64. \*\*Замечания о возможном релятивистски-инвариантном обобщении понятия поля // ЖЭТФ. — 1946. — Т. 16, вып. 6. — С. 480–482. — Библиогр.: 6.  
То же на англ. яз.: Note on the Possible Relativistic Invariant Generalization of the Concept of Field // J. Phys. — 1946. — V. 10, № 2. — P. 167–169.
65. \*\*Уравнение для рассеяния частиц с учетом реакции излучения (An Equation for the Scattering of Particles, Taking into Account the

- Reaction of Emission) // ДАН СССР. — 1946. — Т. 53, № 3. — С. 205–208. — Библиогр.: 4.
- То же на англ. яз.: Comptes Rendus (Doklady). — 1946. — V. 53, № 3. — P. 201–204.
66. \*\*On the Theory of the Motion of a Particle in the Coulomb Field (К теории движения частицы в кулоновском поле) // J. Phys. — 1946. — V. 10, № 2. — P. 196. — Bibliogr.: 3.
67. The Propagation of Sound in an Inhomogeneous and Moving Medium. I (Распространение звука в неоднородной и движущейся среде. I) // J. Acoust. Soc. America. — 1946. — V. 18, № 2. — P. 322–328.
68. The Propagation of Sound in an Inhomogeneous and Moving Medium. II (Распространение звука в неоднородной и движущейся среде. II) // J. Acoust. Soc. America. — 1946. — V. 18, № 2. — P. 329–334.

## 1947

69. \*\*Атом в поле зрения электронного микроскопа // ЖЭТФ. — 1947. — Т. 17, вып. 9. — С. 814–817. — Библиогр.: 3.
70. Волновое поле со спектром масс // ЖЭТФ. — 1947. — Т. 17, вып. 2. — С. 116–120. — Библиогр.: 4.
- То же на англ. яз.: Wave Field with the Spectrum of Masses // J. Phys. — 1947. — V. 11, № 1. — P. 72–76.
71. \*\*О негамильтоновом методе в теории элементарных частиц // ЖЭТФ. — 1947. — Т. 17, вып. 3. — С. 266–271. — Библиогр.: 8.
- То же на англ. яз.: On a Non-Hamiltonian Method in the Theory of Elementary Particles // J. Phys. — 1947. — V. 11, № 2. — P. 179–183.
72. \*\*Принцип детального равновесия и квантовая механика // ЖЭТФ. — 1947. — Т. 17, вып. 10. — С. 924–929. — Библиогр.: 5.
73. Пути развития теоретической физики в СССР // УФН. — 1947. — Т. 33, вып. 3. — С. 285–293.

## 1948

74. Дискуссия о природе физического знания (Обсуждение статьи М. А. Маркова) // Вопр. философии. — 1948. — № 1. — С. 203–222. Совместно с Л. И. Сторчаком, И. К. Куршевым, В. А. Михайловым, Б. Г. Кузнецовым, С. А. Петрушевским, М. Г. Веселовым, М. В. Волькенштейном, Д. С. Даниным.
75. Мезонное тормозное излучение дейtronов // ДАН СССР. — 1948. — Т. 61, № 5. — С. 811–814.
76. Микрочастица и ее дифракционное изображение // УФН. — 1948. — Т. 36, вып. 3. — С. 367–371.
77. \*\*Связь математического аппарата квантовой механики с аппаратом механики классической // Вестн. МГУ. — 1948. — № 10. — С. 115–118. — Библиогр.: 2. — Совместно с Ч. М. Брискиной.
78. Теория поля протяженных частиц // Вестн. МГУ. — 1948. — № 1. — С. 83–91. — Библиогр.: 6.

79. \*\*Теория поля протяженных частиц // ЖЭТФ. — 1948. — Т. 18, вып. 6. — С. 566–573. — Библиогр.: 8.  
То же на англ. яз.: см. п. 86.

**1949**

80. Основы квантовой механики: Учеб. пособие. для гос. ун-тов. — 2-е изд., перераб. — М.; Л.: Гостехиздат, 1949. — 588 с.: ил. (1-е изд. вышло под загл.: Введение в квантовую механику. — М.; Л., 1944.)  
То же: см. п. 53, 95, 99, 100, 101, 117, 125, 141, 174, 211, 274–275, 373, 416, 434.  
81. \*\*Прохождение нуклонов через вещество // ЖЭТФ. — 1949. — Т. 19, вып. 11. — С. 953–958. — Библиогр.: 4.  
82. Теория движущихся источников и приемников звука // Ученые зап. МГУ. Вып. 134. Физика. — 1949. — Кн. 5. — С. 134–145.

**1950**

83. Тормозное излучение частиц, обладающих сверхспиновым магнитным моментом // ЖЭТФ. — 1950. — Т. 20, вып. 11. — С. 979–986. — Библиогр.: 6. — Совместно с Н. Н. Колесниковым.  
84. \*\*Элементарные частицы и поле // УФН. — 1950. — Т. 42, вып. 1. — С. 76–92. — Библиогр.: 10.  
85. Эффект Черенкова для мезонного поля // ЖЭТФ. — 1950. — Т. 20, вып. 12. — С. 1123–1129. — Библиогр.: 6. — Совместно с В. Л. Инденбомом.  
86. Field Theory of Extended Particles (Теория поля протяженных частиц). — N. Y.: Am. Math. Soc., 1950. — 17 р. — (Am. Math. Soc. Transl. № 19). — Bibliogr.: p. 17.  
То же: см. п. 79.

**1951**

87. \*\*Всегда ли существует «дуализм» волн и частиц? // УФН. — 1951. — Т. 44, вып. 1. — С. 104–109. — Библиогр.: 4.  
88. Критика идеалистического понимания квантовой теории // УФН. — 1951. — Т. 45, вып. 2. — С. 195–228. — Библиогр.: 16.

**1952**

89. За Ленинское учение о движении: По поводу статьи Г. И. Наана «К вопросу о принципе относительности в физике» в журн. «Вопр. философии», 1951, № 2 // Вопр. философии. — 1952. — № 1. — С. 181–183.  
90. Критика философских воззрений так называемой «копенгагенской школы» в физике // Филос. вопр. современной физики. — М.: Изд-во АН СССР, 1952. — С. 358–395.  
91. \*\*О распространении сигналов в нелинейной теории поля // ДАН СССР. — 1952. — Т. 82, № 4. — С. 553–556. — Библиогр.: 8.  
То же: см. п. 225.  
92. Об обобщенном законе взаимодействия // ЖЭТФ. — 1952. — Т. 22, вып. 2. — С. 254. — Библиогр.: 3.

93. Ответ академику В. А. Фоку // Вопр. философии. — 1952. — № 6. — С. 171–175.
94. The Acoustics of an Inhomogeneous Moving Medium / Transl.: R. T. Beyer and D. Mintzer. — Rhode Island: Brown Univ., 1952. — IV, 161 p. — (ONR-35808). — Bibliogr.: p. 157–158. Пер.: Акустика неоднородной движущейся среды. — М.; Л.: Гостехиздат, 1946.  
То же: см. п. 62, 111.
95. A kvantummechanika alapjai (Основы квантовой механики) / Ford. Haiman Ottó é.m. — Budapest: Tankönyvkiado, 1952. — 587 p.  
То же: см. п. 80.

**1953**

96. Квантовая механика // Большая сов. энцикл. — М.: Сов. энцикл., 1953. — Т. 20. — С. 446–455. — Совместно с С. И. Драбкиной.
97. Квантовая электродинамика // Большая сов. энцикл. — М.: Сов. энцикл., 1953. — Т. 20. — С. 456–461. — Совместно с С. И. Драбкиной.
98. \*\*О распространении сигналов в нелинейной электродинамике // ЖЭТФ. — 1953. — Т. 25, вып. 5. — С. 513–526. — Библиогр.: 5. — Совместно с В. В. Орловым.
99. Grundlagen der Quantenmechanik (Основы квантовой механики) / Die Übersetzung besorgte nach der zweiten, überarbeiteten Aufl. D. Lyons. — 2. Aufl. — Berlin: Deutscher Verlag der Wissenschaften, 1953. — XII, 542 S. — Bibliogr.: S. 535–536. — (Hochschulbücher für Physik; Bd. 4).  
То же: см. п. 80, 125, 141.

**1954**

100. Bazele mecanicii cuantice (Основы квантовой механики): Trad. din Limba rusă. — Bucuresti: Ed. tehnică, 1954. — 531 p.  
То же: см. п. 80.
101. Podstawy mechaniki kwantowej (Основы квантовой механики). — Warszawa: Państw. Wydawn. Nauk., 1954. — 591 p.  
То же: см. п. 80.
102. Zagadnienia filozoficzne mechaniki kwantowej i teorii względności. — 1 Wyd. — Warszawa: Państw. Wydawn. Nauk, 1954. — 204 p.

**1955**

103. К теории нуклонов // ЖЭТФ. — 1955. — Т. 29, вып. 1. — С. 33–36. — Библиогр.: 11.
104. Нелинейная теория поля и теория относительности // Всесоюз. совещ. по квантовой электродинамике и теории элементарных частиц (31 марта – 7 апреля 1955 г.) : Тез. докл. и сообщ. — М.: Изд-во Акад. наук СССР, 1955. — С. 41–42.
105. \*Первая атомная электростанция СССР и пути развития атомной энергетики // Реакторостроение и теория реакторов: Докл. сов. делегации на междунар. конф. по мирному использованию атомной энергии, Женева, 1955. — М.: Изд-во АН СССР, 1955. — С. 3–48. — Библиогр.: 18. — Совместно с Н. А. Николаевым.  
То же на чешск. яз.: První atomová elektrárna svazu Sovětských

socialistických republik a výhledy rozvoje atomové energetiky. — Praha, 1955. — 47 p.

То же: см. п. 131, 306.

## 1956

106. О рождении мезонов при столкновении нуклонов большой энергии // Всесоюз. конф. по физике частиц высоких энергий, Москва, май 1956 г.: Тез. докл. — М.: Изд-во АН СССР, 1956. — С. 23–25.
107. Реактор атомной электростанции АН СССР // Ат. энергия. — 1956. — № 1. — С. 10–23. — Библиогр.: 3. — Совместно с Н. А. Доллежалем и А. К. Красиным.  
То же: см. п. 311.
108. Физические и тепловые расчеты реактора атомной электростанции АН СССР // Ат. энергия. — 1956. — № 1. — С. 24–42. — Библиогр.: 6. — Совместно с М. Е. Минашиным и Ю. А. Сергеевым.  
То же: см. п. 319.
109. Физические и технические основы атомной энергетики // Укр. физ. журн. — 1956. — Т. 1, № 3. — С. 209–225. — Библиогр.: 17.  
То же: см. п. 320.
110. A Comparison of an Atomic and a Coal Electric Power Station // Progress in Nuclear Energy. Series 8. The Economics of Nuclear Power, Including Administration and Law. — London: Pergamon Press, 1956. — V. 1. — P. 167–170. — Совместно с Н. А. Николаевым.
111. Acoustics of a Nonhomogeneous Moving Medium (Акустика неоднородной движущейся среды). — Washington: Nat. Advisory Comm. for Aeronautics, 1956. — 195 р. — (USA NACA TM 1399).  
То же: см. п. 62, 94.
- 112–113. Liang zi li xue yuan li: В 2 т. / Пер.: Ye Yunli, Jin Xingnan yi. — Beijing: Gao deng jiao yu chu ban she, 1956–1959. (Пер.: Введение в квантовую механику. — М.; Л., 1944.)  
То же: см. п. 53, 273–274.
114. The Non-Linear Field Theory and the Theory of Relativity (Нелинейная теория поля и теория относительности) // Nuovo Cim. — 1956. — V. 3, № 4. — P. 629–634. — Bibliogr.: 6.  
То же: см. п. 235.
115. On the Generation of Mesons in Collisions of High Energy Nucleons (О рождении мезонов в столкновениях высокоэнергетичных нуклонов) // CERN Symp. on High Energy Accelerators and Pion Physics, Geneva, 1956: Proc. — Geneva: CERN, 1956. — V. 2. — P. 155–158. — Bibliogr.: 9.
116. Soviet Research Reactors (Советские исследовательские реакторы) // Progress in Nuclear Energy. Ser. 2. Reactors / Eds.: R. A. Charpie et al. — London; N. Y.: Pergamon Press, 1956. — V. 1. — P. 111–158. — Bibliogr.: 8. — Совместно с С. М. Файнбергом.
117. Základy kvantové mechaniky (Основы квантовой механики). — Praha, 1956. — 545 p.  
То же: см. п. 80.

**1957**

118. Жгучая проблема, ждущая немедленного решения: О запрещении испытаний ядерного оружия (Беседа с дир. ОИЯИ Д. И. Блохинцевым) // Славяне. — 1957. — № 7. — С. 25–26.
119. \*\*Замечания о применимости гидродинамического описания к квантовым системам // ЖЭТФ. — 1957. — Т. 32, вып. 2. — С. 350–352. — Библиогр.: 5.
120. \*\*Когда слабое взаимодействие становится сильным? // УФН. — 1957. — Т. 62, вып. 3. — С. 381–383. — Библиогр.: 4.  
То же: см. п. 153.
121. \*\*Нелокальные и нелинейные теории поля // УФН. — 1957. — Т. 61, вып. 2. — С. 137–159. — Библиогр.: 35.  
То же: см. п. 142.
122. \*\*О флуктуациях ядерного вещества. — Дубна, 1957. — 11 с. — (ОИЯИ, Р-50). — Библиогр.: 6.  
То же: см. ЖЭТФ. — 1957. — Т. 33, вып. 5. — С. 1295–1299.
123. Рассеяние быстрых протонов на протонах // ЖЭТФ. — 1957. — Т. 32, вып. 2. — С. 347–349. — Библиогр.: 3.
124. \*Экспериментальный реактор на быстрых нейтронах БР-2 // Ат. энергия. — 1957. — Т. 2, № 6. — С. 497–500. — Совместно с А. И. Лейпунским, И. Н. Аристарховым, И. И. Бондаренко, О. Д. Казачковским, М. С. Пинхасиком, Ю. Я. Стависским, Э. А. Стумбуром, Ф. И. Украинцевым, Л. Н. Усачевым.
125. Grundlagen der Quantenmechanik (Основы квантовой механики) / Übers.: D. Lyons. — 2. korrig. Aufl. — Berlin: Deutsch. Verl. der Wissenschaften, 1957. — XII, 542 S. — (Hochschulbücher für Physik; Bd. 4).  
То же: см. п. 80, 99, 141.

**1958**

126. Дифракционное рассеяние быстрых частиц // ЖЭТФ. — 1958. — Т. 35, вып. 1. — С. 311–312. — Библиогр.: 6. — Совместно с В. С. Баращенко-вым, В. Г. Гришиным.
127. Мирное применение атомной энергии (Доклад на юбилее Пражской высшей технической школы, 1957 г.) // Сб. науч. работ и ст. — Дубна, 1958. — Т. 4: Работы по теоретической физике. — С. 971–986. — (ОИЯИ, Р-254). — Библиогр.: 14.  
То же: см. п. 303.
128. Новая эра в развитии науки // Междунар. жизнь. — 1958. — № 3. — С. 23–26.  
То же: см. п. 304.
129. \*\*О возможном пределе применимости квантовой электродинамики. — Дубна, 1958. — 6 с. — (ОИЯИ, Р-148). — Библиогр.: 3.  
То же на англ. яз. — Dubna, 1958.  
То же: ЖЭТФ. — 1958. — Т. 35, вып. 1. — С. 254–257.  
То же на англ. яз.: On the Possible Limit of Applicability of Quantum

- Electrodynamics // Nuovo Cim. — 1958. — V. 9, № 6. — P. 925–929.  
 То же: см. п. 156.
130. О структуре нуклона. — Дубна, 1958. — 14 с. — (ОИЯИ, Р-266).
131. Первая атомная электростанция СССР и пути развития атомной энергетики // Междунар. конф. по мирному использованию атомной энергии, Женева, 8–20 авг. 1955 г.: Материалы. — М.; Л.: Госэнергоиздат, 1958. — Т. 3.: Энергетические реакторы. — С. 51–76. — Совместно с Н. А. Николаевым.  
 То же: см. п. 105, 306.
- 132–138. Сб. науч. работ и ст.: В 7 т. — Дубна: ОИЯИ, 1958–1960.
- Т. 1: Работы по теоретической физике. — Дубна: ОИЯИ, 1958. — 253 с. — (ОИЯИ, Р-251).
- Т. 2: Работы по теоретической физике. — Дубна: ОИЯИ, 1958. — 243 с. — (ОИЯИ, Р-252).
- Т. 3: Работы по теоретической физике. — Дубна: ОИЯИ, 1958. — 254 с.: ил. — (ОИЯИ, Р-253).
- Т. 4: Работы по теоретической физике. — Дубна: ОИЯИ, 1958. — 336 с.: ил. — (ОИЯИ, Р-254).
- Т. 5: Статьи по философии, естествознанию и переводы. — Дубна: ОИЯИ, 1960. — 234 с.: ил. — (ОИЯИ, Р-525).
- Т. 6: Статьи по философии, естествознанию, обзорные, популярные. — Дубна: ОИЯИ, 1960. — 384 с.: ил. — (ОИЯИ, Р-538).
- Т. 7: Учебники, монографии и работы, не вошедшие в предыдущие выпуски. — Дубна: ОИЯИ, 1960. — 253 с.: ил. — (ОИЯИ, Р-628).
139. Смещение спектральных линий, вызванное обратным действием поля излучения: Докл. на семинаре ФИАН, 1938 г. // Сб. науч. работ и ст.: В 7 т. — Т. 2: Работы по теоретической физике. — Дубна, 1958. — С. 333–350. — (ОИЯИ, Р-252).
140. Упругое рассеяние и внутренняя структура элементарных частиц. — Дубна, 1958. — 16 с. — (ОИЯИ, Р-162). — Библиогр: 19. — Совместно с В. С. Баращенковым, В. Г. Гришиным.  
 То же на англ. яз. — Dubna, 1958.  
 То же на англ. яз.: Elastic Scattering and Intrinsic Structure of Elementary Particles // Nuovo Cim. — 1958. — V. 9, № 2. — P. 249–257.
141. Grundlagen der Quantenmechanik (Основы квантовой механики) / Die Übersetzung besorgte nach der zweiten, überarbeiteten Aufl. D. Lyons. — 2. korrigierte Aufl. Neudr. — Berlin: Deutscher Verlag der Wissenschaften, 1958. — XII, 542 S. — (Hochschulbücher für Physik; Bd. 4).  
 То же: см. п. 80, 99, 125.
142. Non-Local and Non-Linear Field Theories (Нелокальные и нелинейные теории поля). — Dubna, 1958. — 41 p. — (JINR, Р-149). — Bibliogr.: 35.  
 То же на нем. яз.: Nichtlokale und nichtlineare Feldtheorien // Fortschr. Phys. — 1958. — Bd. 6, Hf. 4/5. — S. 246–269.  
 То же: см. п. 121.

143. On the Unified Field Theory. Is there Always «Duality» of Waves and Particles? — Dubna, 1958. — 8 p. — (JINR, P-138).

## 1959

144. Книга В. И. Ленина «Материализм и эмпириокритицизм» и современные представления о структуре элементарных частиц // УФН. — 1959. — Т. 69, вып. 1. — С. 3–12.
145. \*\*Некоторые вопросы развития современной физики // Вопр. философии. — 1959. — № 10. — С. 31–34.
146. \*\*Новые представления об электроне // Природа. — 1959. — № 9. — С. 25–29.  
То же: см. п. 224.
147. Структура нуклона и пион-пионное взаимодействие. — Дубна, 1959. — 14 с. — (ОИЯИ, ЛТФ, Р-307). — Библиогр.: 15. — Совместно с В. С. Баращенковым, Б. М. Барбашовым.  
То же на англ. яз. — Dubna, 1959. — 15 р.  
То же на англ. яз.: Nucleon Structure and Pion-Pion Interaction // Nuovo Cim. — 1959. — V. 12, № 6. — P. 602–610.
148. Структура нуклонов. — Дубна, 1959. — 64 с. — (ОИЯИ, Р-317). — Библиогр.: 58. — Совместно с В. С. Баращенковым и Б. М. Барбашовым.  
То же на англ. яз.: Nucleon Structure. — Dubna, 1959.  
То же: УФН. — 1959. — Т. 68, вып. 3. — С. 417–447. — Библиогр.: 60.  
То же на англ. яз.: см. п. 203.
149. Электромагнитная структура протона и нейтрона // ЖЭТФ. — 1959. — Т. 36, вып. 5. — С. 1611–1612. — Библиогр.: 4. — Совместно с В. С. Баращенковым и Б. М. Барбашовым.
150. Über die Struktur der Elementarteilchen (О структуре элементарных частиц) // Max-Planck-Festschrift 1958. — Berlin: Deutsch. Verl. der Wissenschaften, 1959. — S. 291–296. — Bibliogr.: 7.

## 1960

151. \*\*Замечание к оптической теореме // ЖЭТФ. — 1960. — Т. 39, вып. 4. — С. 1153–1154.
152. Замечания к программе эмульсионных работ по  $NN$ - и  $\pi N$ -столкновениям // Некоторые материалы рабоч. совещ. по фотоэмulsionной методике, Дубна, 11–14 мая 1960 г. — Дубна, 1960. — С. 5–12. — (ОИЯИ, Д-553).
153. Когда слабое взаимодействие становится сильным? // К физике нейтрино высоких энергий. — Дубна, 1960. — С. 49–51. — (ОИЯИ, Д-577). — Библиогр.: 4.  
То же на англ. яз.: When Does Weak Interaction Become Strong? // On High Energy Neutrino Physics: Reports on JINR Seminars (1957–1960). — Dubna, 1960. — P. 53–56. — (JINR, D-577).  
То же: см. п. 120.
154. В. И. Ленин и физика: Докл. в Академии наук СССР, 1959 г. // Сб. науч. работ и ст. — Т. 6: Статьи по философии, естествознанию,

- обзорные, популярные. — Дубна, 1960. — С. 1457–1472. — (ОИЯИ, Р-538).
155. Ленин и физика: Докл. на общем собрании Академии наук СССР, отд. физ.-мат. наук, 19–21 апр. 1960 г. // Вестн. АН СССР. — 1960. — № 6. — С. 38–39.
156. О возможном пределе применимости квантовой электродинамики // К физике нейтрино высоких энергий. — Дубна, 1960. — С. 53–56. — (ОИЯИ, Д-577).  
То же на англ. яз.: On the Possible Limit of Applicability of Quantum Electrodynamics // On High Energy Neutrino Physics: Reports on JINR Seminars (1957–1960). — Dubna, 1960. — P. 57–61. — (JINR, D-577).  
То же: см. п. 129.
157.  $\pi\pi$ -взаимодействие в  $\pi N$ -столкновениях при высоких энергиях  $\pi$ -мезонов. — Дубна, 1960. — 27 с. — Библиогр.: 6. — (ОИЯИ, Д-576). — Совместно с Ван Жуном.  
То же на англ. яз.:  $\pi\pi$ -Interactions in  $\pi N$ -Collisions at High Pion Energies. — Dubna, 1960. — 29 р. — (JINR, D-576).  
То же: Intern. Conf. on High Energy Physics, 10th, Rochester, Aug. 25–Sept. 1, 1960: Proc. / Eds.: E. C. G. Sudarshan et al. — Rochester: UR, 1960. — P. 357–358.  
То же: см. п. 183.
158. Растиль ломоносовых XX века: Дискуссия в Дубне на тему: «Путь молодых в науку» // Известия. Моск. веч. вып. — 1960. — 28 дек.
159. Таланты движут науку // Известия. — 1960. — 28 дек.
160. Физика и техника: Речь по поводу присуждения почетного звания доктора техн. наук, Прага, июнь, 1957 г. // Сб. науч. работ и ст. — Т. 6: Статьи по философии, естествознанию, обзорные, популярные. — Дубна, 1960. — С. 1401–1405. — (ОИЯИ, Р-538).  
То же: см. п. 318.
161. Физические основы атомной энергетики: Докл. на Межд. студенческом семинаре по вопросам мирного использования атомной энергии на 6-м фестивале молодежи, Москва, 1957 г. // Сб. науч. работ и ст. — Т. 6: Статьи по философии, естествознанию, обзорные, популярные. — Дубна, 1960. — С. 1407–1435. — (ОИЯИ, Р-538). — Библиогр.: 18.
162. Философские проблемы современной атомной физики: Выступление по чехословацкому радио, май 1960 г. // Сб. науч. работ и ст. — Т. 6: Статьи по философии, естествознанию, обзорные, популярные. — Дубна, 1960. — С. 1473–1474. — (ОИЯИ, Р-538).
163. Флуктуации пространственно-временной метрики. — Дубна, 1960. — 9 с. — (ОИЯИ, Д-474).  
То же на англ. яз.: Fluctuations of Space-Time Metric. — Dubna, 1960. — (JINR, D-474).  
То же на англ. яз.: Nuovo Cim. — 1960. — V. 16, № 2. — P. 382–387.  
То же на англ. яз.: см. п. 226.
164. Discussion on L. Van Hove's Paper «Strong and Weak Interactions in a Simple Field-Theoretical Model» // Ninth Intern. Annual Conf. on High

- Energy Physics, Kiev, July 15–25, 1959: Plenary Sessions VI–IX. — M., 1960. — P. 149–150.
165. New Functional Methods in Field Theory (Новые функциональные методы в теории поля) // Intern. Conf. on High Energy Physics, 10th: Rochester, Aug. 25–Sept. 1, 1960: Proc. / Eds.: E. C. G. Sudarshan et al. — Rochester: UR, 1960. — P. 867–871.
166.  $\pi\pi$ -Interaction in Peripheral  $\pi N$ -Collisions ( $\pi\pi$ -взаимодействие в периферических  $\pi N$ -соударениях) // Nuovo Cim. — 1960. — V. 18. — № 1. — P. 193–194. — Bibliogr.: 4.

## 1961

167. Атомный реактор на быстрых нейтронах: Беседа с дир. ОИЯИ чл.-корр. АН СССР Д. И. Блохинцевым // Правда. — 1961. — 18 мая.
168. Выступление в дискуссии по докладу Л. И. Шиффа «Структура нуклона и электромагнитное взаимодействие. Теория» // 9-я Междунар. конф. по физике высоких энергий, Киев, 1959: Материалы. — М., 1961. — С. 319.
169. Выступление на Общем собрании Академии наук СССР 15–16 ноября 1961 г., посвященном итогам XXII съезда КПСС и задачам АН СССР // Вестн. АН СССР. — 1961. — № 12. — С. 62–63.
170. Дифракционное  $\pi N$ -рассеяние и пространственная структура нуклона. — Дубна, 1961. — 13 с. — (ОИЯИ, Д-719). — Библиогр.: 9.  
То же на англ. яз.: Diffraction of  $\pi N$ -Scattering and Spatial Nucleon Structure. — Dubna, 1961. — (JINR, D-719).  
То же: см. п. 195.
171. \*Импульсный реактор на быстрых нейтронах // Ат. энергия. — 1961. — Т. 10, вып. 5. — С. 437–446. — Совместно с Г. Е. Блохинским, Ю. А. Блюмкиной, И. И. Бондаренко, Б. Н. Дерягиным, А. С. Займовским, В. П. Зиновьевым, О. Д. Казачковским, Ким Хен Боном, Н. В. Краснояровым, А. И. Лейпунским, В. А. Малых, П. М. Назаровым, С. К. Николаевым, Ю. Я. Стависским, Ф. И. Украинцевым, И. М. Франком, Ф. Л. Шапиро, Ю. С. Язвицким.
172. Исскать, спорить, дерзать: Перспективы развития советской науки // Известия. — 1961. — 5 сент.; Моск. веч. вып. — 4 сент.
173. Неупругие пион-нуклонные взаимодействия при больших энергиях. — Дубна, 1961. — 16 с. — (ОИЯИ, ЛТФ, Д-780). — Библиогр.: 12. — Совместно с В. С. Баращенковым, Ван Жуном, Э. К. Михул, Хуан Цзу-чжанем, Ху Ши-кэ.  
То же: см. п. 187.
174. Основы квантовой механики: Учеб. пособие для ун-тов. — 3-е изд. — М.: Выssh. шк., 1961. — 512 с.: ил.  
То же: см. п. 53, 80, 181, 199, 211, 215, 238, 239, 267, 278, 334, 373, 396, 416, 420, 429, 434.
175. Парадоксы антигравитации // Советская гравитационная конференция (1; 1961: Москва), Тезисы и программа 1-й Советской гравитационной

- конференции (27–30 июня 1961 г.) — М.: Изд-во Московского ун-та, 1961. — С. 52–53. — Библиогр.: 1.
176. Пять лет работы Объединенного института ядерных исследований // Ат. энергия. — 1961. — Т. 10, вып.4. — С. 317–342.
177. Речь на открытии 9-й Междунар. конф. по физике высоких энергий // 9-я Междунар. конф. по физике высоких энергий, Киев, 1959: Материалы. — М., 1961. — С. 5–6.
178. Флуктуации пространственно-временной метрики // Советская гравитационная конференция (1; 1961: Москва), Тезисы и программа 1-й Советской гравитационной конференции (27–30 июня 1961 г.) — М.: Изд-во Московского ун-та, 1961. — С. 90–92.
179. Форум коммунистов: Рассказывает делегат XXII съезда КПСС // За коммунизм. — 1961. — 14 нояб.
180. Elastic  $\pi N$  Scattering (Упругое  $\pi N$ -рассеяние // Intern. Conf. on Theor. Aspects of Very High-Energy Phenomena, Geneva, June 5–9, 1961: Proc. — Geneva: CERN, 1961. — Р. 253–257. — (CERN; 61-22). — Bibliogr.: 8. — Совместно с В. С. Баращенковым, Ван Жуном, Э. К. Михул, Хуан Цзы-Чжанем, Ху Ши-кэ.
181. Grundlagen der Quantenmechanik (Основы квантовой механики) / Überarb. Aufl. D. Lyons; Wissenschaftliche Bearbeiter: D. Lyons, G. Wallis; Bearb. Aufl.: H. Pose. — 3. bearb. Aufl. — Berlin: Deutsch. Verlag der Wissenschaften, 1961. — XV, 583 S. — Bibliogr.: S. 576–577. — (Hochschulbücher für Physik, Bd. 4).  
То же: см. п. 174, 199, 215, 267, 278, 334, 396, 420, 429.
182. Inelastic  $\pi N$  Collisions (Неупругие  $\pi N$ -соударения) // Intern. Conf. on Theoretical Aspects of Very High-Energy Phenomena, Geneva, June 5–9, 1961: Proc. — Geneva: CERN, 1961. — Р. 320–327. — (CERN; 61-22). — Bibliogr.: 8. — Совместно с В. С. Баращенковым, Ван Жуном, Э. К. Михул, Хуан Цзы-чжанем, Ху Ши-кэ.
183.  $\pi\pi$ -Interactions in  $\pi N$ -Collisions at High Pion Energies ( $\pi\pi$ -взаимодействие в  $\pi N$ -столкновениях при высоких энергиях  $\pi$ -мезонов) // Nucl. Phys. — 1961. — V. 22, № 3. — Р. 410–425. — Bibliogr.: 6.  
То же: см. п. 157.
184. Remarks on High-Energy Neutrino Interactions (Замечания о высокоэнергетических взаимодействиях нейтрино) // Intern. Conf. on Instrumentation for High-Energy Physics, Berkeley, Sept. 12–14, 1960: Proc. — N. Y.; London: Intersci. Publ., 1961. — Р. 197.

## 1962

185. Взаимодействие  $\pi$ -мезонов с нуклонами при высоких энергиях // Тр. 7-й Междунар. конф. по вопросам физики высоких энергий, София, 14–22 сент. 1961 г. = Transactions of the 7th Intern. Conf. of High Energy Physics, Sofia, Sept. 14–22, 1961. — София: Физ. ин-т Болгарии. — С. 87–89. — Библиогр.: 5.
186. К берегу новых открытий: Беседа с дир. ОИЯИ Д. И. Блохинцевым // Известия. Моск. веч. вып. — 1962. — 14 апр.

187. Неупругие пион-нуклонные взаимодействия при больших энергиях // ЖЭТФ. — 1962. — Т. 42, вып. 1. — С. 217–223. — Совместно с В. С. Барашенковым, Ван Жуном, Э. К. Михул, Хуан Цзы-чжанем, Ху Ши-кэ. То же: см. п. 173.
188. О причинности в современной теории поля. — Дубна, 1962. — 10 с. — (ОИЯИ, ЛТФ, Р-1090).  
To же на англ. яз.: On Causality in Modern Field Theory. — Dubna, 1962.  
To же: см. п. 210, 236.
189. Об упругом рассеянии пионов и нуклонов при высоких энергиях // ЖЭТФ. — 1962. — Т. 42, вып. 3. — С. 880–881.  
To же на англ. яз: On Elastic Pion and Nucleon Scattering of High Energies // Nuovo Cim. — 1962. — V. 23, № 6. — P. 1061–1063.
190. Распространение сигнала внутри элементарной частицы. — Дубна, 1962. — 12 с. — (ОИЯИ, ЛТФ, Р-1091). — Библиогр.: 4.  
To же: см. п. 219.
191. Современное состояние учения об элементарных частицах // Физ. мат. списание. — София, 1962. — Т. 5, кн. 2. — С. 86–104.
192. Структура элементарных частиц // Наука и человечество. — М.: Знание, 1962. — С. 293–307.
193. Судьба открытий // Неделя. — 1962. — 18–24 марта.
194. Творческая дискуссия физиков: К итогам Междунар. конф. по физике высоких энергий, Женева, 1962 г.: Беседа с дир. ОИЯИ чл.-корр. АН СССР Д. И. Блохинцевым // Правда. — 1962. — 1 авг.
195. Diffraction of  $\pi N$ -Scattering and Spatial Nucleon Structure (Дифракционное  $\pi N$ -рассеяние и пространственная структура нуклона) // Nucl. Phys. — 1962. — V. 31, № 4. — P. 628–635. — Bibliogr.: 9.  
To же: см. п. 170.
196. Discussion on H. P. Dürr and J. Geheniau Paper «A Spurion Model of the  $S$ -Particle» // The Intern. Conf. on High-Energy Physics at CERN, 11th: Proceedings..., Geneva, July 4–11, 1962 — Geneva: CERN, 1962. — P. 681–682. In Collaboration with R. E. Marshak, H. P. Dürr, Y. Nambu, W. Heisenberg, L. Van Hove, A. O. G. Kallen.
197. Discussion on K. Lanius Paper «Inelastic  $\pi^-$ -Nucleon Interactions at 7 GeV» // The Intern. Conf. on High-Energy Physics at CERN, 11th: Proceedings..., Geneva, July 4–11, 1962 — Geneva: CERN, 1962. — P. 620.
198. Discussion on L. I. Schiff Paper «Quantization of a Self-Coupled Boson Field» // The Intern. Conf. on High-Energy Physics at CERN, 11th: Proceedings..., Geneva, July 4–11, 1962 — Geneva: CERN, 1962. — In Collaboration with G. Marx, L. I. Schiff.
199. Grundlagen der Quantenmechanik (Основы квантовой механики) / Übertr. D. Lyons; Bearb.: H. Pose. — 3., bearb. Aufl. — Frankfurt am Main: Verlag H. Deutsch, 1962. — XV, 583 S. — Bibliogr.: S. 576–577.  
To же: см. п. 174, 181, 215, 267, 278, 334, 396, 420, 429.
200. Non-Linear Scalar Field Theory. — Dubna, 1962. — 8 p. — (JINR, E-983). — Bibliogr.: 3.

201. Non-Linear Scalar Field Theory: Abstract // The Intern. Conf. on High Energy Physics at CERN: Programme, List of Participants, Abstracts..., Geneva, 1962. — Geneva: CERN, 1962. — (CERN; 62/Symp/12). — P. 292.
202. Non-Linear Theory of Scalar Field (Нелинейная теория скалярного поля) // 11th Intern. Conf. on High Energy Physics, CERN, Geneva, July 4–7, 1962: Proc. — Geneva: CERN, 1962. — P. 687–689.
203. Nucleon Structure (Структура нуклонов) // Fortschr. Phys. — 1962. — Bd. 10, Hf. 9. — S. 435–469. — Совместно с В. С. Баращенковым и Б. М. Барбашовым.  
То же: см. п. 148.
204. On Backward Scattering of High Energy Particles. — Dubna, 1962. — 6 p. — (JINR, E-1064). — Bibliogr.: 4.

**1963**

205. Анализ импульсного спектра протонов отдачи в неупругих  $\pi^-p$ -взаимодействиях при 7 ГэВ. — Дубна, 1963. — 8 с. — (ОИЯИ, ЛТФ, Р-1458). — Библиогр.: 9. — Совместно с В. С. Баращенковым, И. Патера, Г. Л. Семашко.  
То же на англ. яз.: см. п. 233.
206. Геометрическая оптика элементарных частиц. — Дубна, 1963. — 6 с. — (ОИЯИ, Р-1321). — Библиогр.: 8.  
То же на англ. яз.: Geometric Optics of Elementary Particles // Nuovo Cim. — 1963. — V. 30, № 4. — P. 1094–1099.  
То же: см. п. 218.
207. Импульсный спектр барионов в неупругих столкновениях быстрых пионов с нуклонами // ЖЭТФ. — 1963. — Т. 45, вып. 2. — С. 381–383. — Совместно с В. С. Баращенковым, Э. К. Михул, И. Патера, Г. Л. Семашко.
208. Накануне новых открытий в физике // Известия. — 1963. — 27 янв.  
То же: За коммунизм. — 1963. — 5 февр.
209. О квантовых ансамблях // Вопр. философии. — 1963. — № 9. — С. 108–115.
210. \*\*О причинности в современной теории поля // Ат. энергия. — 1963. — Т. 14, вып. 1. — С. 105–109.  
То же: см. п. 188, 236.
211. Основы квантовой механики: Учеб. пособие для ун-тов. — 4-е изд. — М.: Высш. шк., 1963. — 620 с.: ил.  
То же: см. п. 53, 80, 174, 211, 239, 281, 285, 373, 416, 434.
212. Полюсная теория рождения  $\Lambda$ -гиперонов в  $\pi^-p$ -взаимодействиях при больших энергиях. — Дубна, 1963. — 17 с. — (ОИЯИ, Р-1245). — Библиогр.: 12. — Совместно с В. С. Баращенковым, Э. К. Михул, И. Патера, Г. Л. Семашко.  
То же на англ. яз.: Pole Theory of  $\Lambda$ -Hyperon Production in  $\pi^-p$  Interactions at High Energies // Nucl. Phys. — 1963. — V. 48, № 1. — P. 33–44.

213. Проблемы структуры элементарных частиц // Философские проблемы физики элементарных частиц. — М.: Изд-во АН СССР, 1963. — С. 47–59.
214. Что нового в Дубне // За коммунизм. — 1963. — 21 дек.
215. Grundlagen der Quantenmechanik (Основы квантовой механики) / überarb. Aufl. D. Lyons; wissenschaftl. Bearb.: D. Lyons, G. Wallis; Bearb. d. 3., bearb. Aufl.: H. Pose. Übers. d. Erg. zur 4. Aufl.: J. Burmeister. — 4., durchges. u. nach d. 3. sowjet. erw. Aufl. — Berlin: Deutsch. Verl. der Wissenschaften, 1963. — XV, 624 S. — Bibliogr.: S. 608–610. — (Hochschulbücher für Physik; Bd. 4).  
То же: см. п. 174, 181, 199, 267, 278, 334, 396, 420, 429.
216. Problems and Trends in the Theory of Elementary Particles: Record of an Informal Discussion held on 7 July 1962 at CERN, Geneva, during the 1962 Intern. Conf. on High Energy Physics. — Geneva: CERN, 1963. — (CERN; 63-15). — In Collaboration with N.N. Bogoliubov, G. Breit, G.F. Chew, S. Fubini, M. Gell-Mann, W. Heisenberg, R. Jost, S. Mandelstam, J.R. Oppenheimer, L. Van Hove, V.F. Weisskopf, K. Wilson, C.N. Yang.
217. Theoretical Aspects of High Energy Physics (Теоретические аспекты физики высоких энергий). — Dubna, 1963. — 20 р. — (JINR, E-1436). — Совместно с Н. Н. Боголюбовым, М. А. Марковым, И. Я. Померанчуком.

## 1964

218. \*\*Геометрическая оптика элементарных частиц // ЖЭТФ. — 1964. — Т. 46, вып. 6. — С. 2049–2051.  
То же: см. п. 206.
219. 10 лет первой атомной станции // Неделя. — 1964. — 21–27 июня.
220. Заключительные замечания председателя конференции: Докл. на 12-й междунар. конф. по физике высоких энергий, Дубна, 5–15 авг. 1964 г. — Дубна, 1964. — 7 с. — (ОИЯИ, Р-1809).  
То же на англ. яз.: Final Remarks. — Dubna, 1964.  
То же на англ. яз.: Geneva: CERN, 1964. — 10 p. / Transl. at CERN.  
То же: см. п. 258.
221. «Еретические идеи» современной физики: К итогам XII Междунар. конф. по физике высоких энергий, Дубна, авг. 1964 г. // Моск. правда. — 1964. — 26 авг.
222. На пороге научной революции: К итогам XII Междунар. конф. по физике высоких энергий, Дубна, авг. 1964 г. // Культура и жизнь. — 1964. — № 11. — С. 44–45.
223. Накануне больших открытий: К итогам XII Междунар. конф. по физике высоких энергий, Дубна, авг. 1964 г. // Труд. — 1964. — 16 авг.
224. Новые представления об электроне // В глубь атома: Сб. ст. / Ред.-сост.: Б. Н. Мацонашвили. — М.: Наука, 1964. — С. 122–130. — (Научно-популярная серия АН СССР).  
То же: см. п. 146.

225. О распространении сигналов в нелинейной теории поля // Блохинцев Д. И. и др. Пространство, время, причинность в микромире. — Дубна, 1964. — С. 63–66. — (ОИЯИ, Д-1735). — Библиогр.: 8. То же: см. п. 91.
226. Пространство, время, причинность в микромире. — Дубна, 1964. — 88 с. — (ОИЯИ, Д-1735). — Совместно с Ю. А. Гольфандом, В. Г. Ка-дышевским, Д. А. Киржицем, Г. И. Колеровым.
227. Распространение сигнала внутри элементарной частицы // Блохинцев Д. И. и др. Пространство, время, причинность в микромире. — Дубна, 1964. — С. 73–82. — (ОИЯИ, Д-1735). — Библиогр.: 3. То же: см. п. 190.
228. Рождение мирного атома // Неделя. — 1964. — 27 июня. То же: см. п. 314.
229. Рыцарям «сумасшедших идей» // Комсомольская правда. — 1964. — 4 янв.
230. Сюрпризы странного мира: Атом, человек, будущее: О современном состоянии физики высоких энергий: Беседа с дир. ОИЯИ Д. И. Блохинцевым // Комсомольская правда. — 1964. — 29 авг.
231. Теоретические аспекты физики частиц высоких энергий // Тр. Междунар. конф. по ускорителям, Дубна, 21–27 авг. 1963 г. — М.: Атомиздат, 1964. — С. 21–30. — Совместно с Н. Н. Боголюбовым, М. А. Марковым, И. Я. Померанчуком.
232. Acausality and Dispersion Relations (Нарушение причинности и дисперсионные соотношения). — Dubna, 1964. — 20 р. — (JINR, E-1646). — Совместно с Г. И. Колеровым.  
То же: Nuovo Cim. — 1964. — V. 34, № 1. — P. 163–181. То же: Блохинцев Д. И. и др. Пространство, время, причинность в микромире. — Дубна, 1964. — С. 14–31. — (ОИЯИ, Д-1735). — Библиогр.: 14.
233. The Analysis of the Recoil Proton Momentum Spectrum in Inelastic  $\pi^- p$  Interactions at 7 GeV (Анализ импульсного спектра протонов отдачи в неупругих  $\pi^- p$ -взаимодействиях при 7 ГэВ) // Nucl. Phys. — 1964. — V. 54, № 3. — P. 492–496. — Bibliogr.: 9. — Совместно с В. С. Барашенковым, И. Патера, Г. Л. Семашко. То же: см. п. 205.
234. Fluctuations of Space-Time Metric (Флуктуации пространственно-временной метрики) // Блохинцев Д. И. и др. Пространство, время, причинность в микромире. — Дубна, 1964. — С. 83–93. — (ОИЯИ, Д-1735).  
То же: см. п. 163.
235. The Non-Linear Field Theory and the Theory of Relativity (Нелинейная теория поля и теория относительности) // Блохинцев Д. И. и др. Пространство, время, причинность в микромире. — Дубна, 1964. — С. 67–72. — (ОИЯИ, Д-1735). — Библиогр.: 6.  
То же: см. п. 114.
236. On Causality in Modern Field Theory (О причинности в современной теории поля) // Блохинцев Д. И. и др. Пространство, время, причин-

- ность в микромире. — Дубна, 1964. — С. 7–13. — (ОИЯИ, Д-1735). — Библиогр.: 19.  
То же: см. п. 188, 210.
237. On Experimental Verification of Homogeneity and Isotropy of Space (Об экспериментальном подтверждении однородности и изотропности пространства) // Phys. Lett. — 1964. — V. 12, № 3. — P. 272–273.  
То же: Блохинцев Д. И. и др. Пространство, время, причинность в микромире. — Дубна, 1964. — С. 32–34. — (ОИЯИ, Д-1735). — Библиогр.: 1.
238. Principles of Quantum Mechanics / Ed.: S. Bjorklund. Transl. by Scripta Technica. — Boston: Allyn and Bacon, 1964. — IX, 620 p. (Пер.: Основы квантовой механики. — 3-е изд. — М., 1961.)  
То же: см. п. 174.
239. Quantum Mechanics (Trans. from 3rd and 4th Russian Ed.). — Dordrecht: D. Reidel Pub., N. Y.: Gordon and Breach, 1964. — XVI, 535 p.: il. — Bibliogr.: P. 528–530.  
То же: см. п. 174, 211.
240. Resonance Interaction of  $\pi$ -Mesons with the Peripheral Shell of a Nucleon (Резонансное взаимодействие  $\pi$ -мезонов с периферической оболочкой нуклона) // Nucleon Structure: Proc. of the Intern. Conf., Stanford, June 24–27, 1963 / Eds.: R. Hofstadter, L. I. Schiff. — Stanford: Stanford Univ. Press, 1964. — P. 259–262. — Совместно с В. С. Баращенковым.
241. 25 Jahre Uran-Spaltung // Urania GDR. — 1964. — Nr. 1. — S. 10–11.

## 1965

242. К цельной теории микромира // Культура и жизнь. — 1965. — № 11. — С. 22–23.
243. Метрика пространства-времени и нелинейные поля. — Дубна, 1965. — 6 с. — (ОИЯИ, ЛТФ, Р-2152).  
То же: см. п. 259.
244. \*\*На пороге глубочайшей научной революции // Природа. — 1965. — № 1. — С. 53–56.
245. Наука и искусство // Сов. Россия. — 1965. — 10 окт.  
То же: За коммунизм. — 1965. — 13 окт.
246. О распространении сигналов высокой частоты в среде со случайными характеристиками. — Дубна, 1965. — 7 с. — (ОИЯИ, ЛТФ, Р-2396). — Библиогр.: 3.  
То же: см. п. 261.
247. О рассеянии назад частиц высокой энергии. — Дубна, 1965. — 6 с. — (ОИЯИ, ЛТФ, Р-2220).  
То же на англ. яз.: см. п. 265.
248. О теоретических аспектах физики элементарных частиц (Пер. сокр. текста стенограммы дискус. о теор. аспектах физики элементарных частиц во время Междунар. конф. по физике высоких энергий в ЦЕРНе, Женева, 7 июля 1962 г.) // УФН. — 1965. — Т. 85. — С. 737–754.

249. Обоснованность специальной теории относительности опытами в области физики высоких энергий. — Дубна, 1965. — 22 с. — (ОИЯИ, ЛТФ, Р-2422).  
То же: см. п. 262.
250. Принципиальные вопросы квантовой механики. — Дубна, 1965. — 234 с. — (ОИЯИ, ЛТФ, 2094).
251. \*\*Физика высоких энергий и основные принципы современной теории // УФН. — 1965. — Т. 86, вып. 4. — С. 721–724. — Библиогр.: 16.
252. Физиката на високите енергии през 1965 година // Спектър, 65. — София: Народ, младеж, 1965. — С. 177–181.
253. Conditions of Macroscopic Causality for the Scattering Matrix (Условия макроскопической причинности для матрицы рассеяния). — Dubna, 1965. — 14 р. — (JINR, LTPh, E-2500). — Совместно с Г. И. Колеровым.  
То же: см. п. 266.

**1966**

254. Анализ микропричинности // 12-я Междунар. конф. по физике высоких энергий, Дубна, 5–15 авг. 1964 г.: Материалы. — М.: Атомиздат, 1966. — Т. 2. — С. 236–238. — Библиогр.: 3. — Совместно с Г. И. Колеровым.
255. Введение // Категория структуры и развитие физики элементарных частиц: Совместная теор. конф. физиков и философов, Дубна, февр. 1965 г.: Материалы. — Дубна, 1966. — С. 3–4. — (ОИЯИ, 2611).
256. Вступительное слово председателя Оргкомитета конференции // 12-я Междунар. конф. по физике высоких энергий, Дубна, 5–15 авг. 1964 г.: Материалы. — М.: Атомиздат, 1966. — Т. 1. — С. 7.  
То же на англ. яз.: Там же. — С. 8.
257. Десять лет научной работы Объединенного института ядерных исследований // Ат. энергия. — 1966. — Т. 20, вып. 4. — С. 293–310.
258. Заключительные замечания: Докл. пред. Оргкомитета конф. // 12-я Междунар. конф. по физике высоких энергий, Дубна, 5–15 авг. 1964 г.: Материалы. — М.: Атомиздат, 1966. — Т. 2. — С. 283–286.  
То же на англ. яз.: Там же. — С. 287–290.  
То же: см. п. 220.
259. \*\*Метрика пространства-времени и нелинейные поля // ДАН СССР. — 1966. — Т. 168, № 4. — С. 774–776.  
То же: см. п. 243.
260. О локализации релятивистских микрочастиц в пространстве и времени. — Дубна, 1966. — 15 с. — (ОИЯИ, ЛТФ, Р-2631).  
То же: см. п. 271.
261. \*\*О распространении сигналов высокой частоты в среде со случайными характеристиками // ДАН СССР. — 1966. — Т. 166, № 3. — С. 574–576.  
То же: см. п. 246.
262. Обоснованность специальной теории относительности опытами в области физики высоких энергий // УФН. — 1966. — Т. 89, вып. 2. — С. 185–189. — Библиогр.: 45.  
То же: см. п. 249.

263. Памяти Хоми Джихангира Баба // Ат. энергия. — 1966. — Т. 21, вып. 1. — С. 7–8.  
То же: УФН. — 1966. — Т. 89, вып. 1. — С. 173–174.
264. \*\*Принципиальные вопросы квантовой механики. — М.: Наука, 1966. — 160 с.: ил. — Библиогр.: с. 158–160.  
То же: см. п. 289, 290, 322, 358, 426.
265. Backward Scattering of High-Energy Particles (О рассеянии назад частиц высокой энергии) // Nuovo Cim. A. — 1966. — V. 41, № 4. — P. 481–484.  
То же: см. п. 247.
266. \*\*Conditions of Macroscopic Causality for the Scattering Matrix (Условия макроскопической причинности для матрицы рассеяния) // Nuovo Cim. A. — 1966. — V. 44, № 4. — P. 974–983. — Совместно с Г. И. Колеровым.  
То же: см. п. 253.
267. Grundlagen der Quantenmechanik (Основы квантовой механики). — 5., durchges. u. nach d. 3. sowjet. erw. Aufl. — Frankfurt am Main; Zürich: Verlag H. Deutsch, 1966. — XV, 624 S. — (Hochschulbücher für Physik).  
То же: см. п. 174, 181, 199, 215, 278, 334, 396, 420, 429.

## 1967

268. Вступительное слово пред. Оргкомитета Междунар. совещ. по нелокальной теории поля // Тр. Междунар. совещ. по нелокальной квантовой теории поля, Дубна, 4–7 июля 1967 г. — Дубна, 1967. — С. 9–10. — (ОИЯИ, Р2-3590).
269. Заключительное слово пред. Оргкомитета Междунар. совещ. по нелокальной теории поля // Тр. Междунар. совещ. по нелокальной квантовой теории поля, Дубна, 4–7 июля 1967 г. — Дубна, 1967. — С. 228–229. — (ОИЯИ, Р2-3590).
270. Наука, коллектив и драма идей: О физике // Моск. комсомолец. — 1967. — 26 марта.
271. О локализации релятивистских микрочастиц в пространстве и времени // Физика высоких энергий и теория элементарных частиц: Материалы Междунар. шк. по теор. физике, Ялта, май 1966 г./Отв. ред. В. П. Шелест. — Киев: Наук. думка, 1967. — С. 778–790.  
То же на англ. яз.: On Localization of Relativistic Microparticles in Space and Time // Acta Phys. Acad. Sci. Hung. — 1967. — V. 22, Fs. 1/4. — P. 307–319.  
То же: см. п. 260.
272. О физике и счастье // Известия. — 1967. — 1 янв.  
То же: За коммунизм. — 1967. — 4 янв.
- 273–274. Основы квантовой механики: В 2 т. — Токио: Tonē посё, 1967–1970. — На яп. яз.  
То же: На кит. яз.  
То же: см. п. 53, 80, 112–113.
275. Пример акузальной и унитарной матрицы рассеяния. — Дубна, 1967. — 7 с. — (ОИЯИ, ЛТФ, Р2-3506). — Библиогр.: 3. — Совместно с В. М. Виноградовым.

276. Производство познания: Интервью // Кругозор. — 1967. — № 4. — С. 3–4.  
То же: Enfoque International (AFN). — 1967. — № 5.
277. Discussion on M. Froissart Paper «Fundamental Theoretical Question» (Замечания в дискуссии по докладу М. Фруассара) // 13th Intern. Conf. on High-Energy Physics, Berkeley, Aug. 31–Sept. 7, 1966: Proc. — Berkeley: Univ. of California Press, 1967. — P. 18.
278. Grundlagen der Quantenmechanik (Основы квантовой механики) / Die Übers. wurde nach d. 2. russ. Aufl. D. Lyons angefertigt. Wissenschaftl. bearb.: D. Lyons, G. Wallis; Bearb. d. 3. dt. Aufl.: H. Pose; Übers. d. Erg.: J. Burmeister. — 6. durchges. u. nach der 3. sowjet. Ausg. erw. Aufl. — Berlin: Deutsch. Verlag der Wiss., 1967. — XV, 624 S. — Bibliogr.: S. 608–610. — (Hochschulbücher für Physik; Bd.4).  
То же: см. п. 174, 181, 199, 267, 334, 396, 420, 429.
279. Macroscopic Causality. — Dubna, 1967. — 45 p. — (JINR, LTPh, E2-3293).  
То же: Trieste, 1967. — 53 p. — (IC/67/36).
280. \*\*Macroscopic Causality in the *S*-Matrix Theory (Макроскопическая причинность в теории *S*-матрицы) // Тр. Междунар. совещ. по нелокальной квантовой теории поля, Дубна, 4–7 июля 1967 г.: Тр. — Дубна, 1967. — С. 18–21. — (ОИЯИ, Р2-3590). — Библиогр.: 2.
281. Mécanique quantique et applications à l'étude de la structure de la matière: (Trad. 4 ed. russe). — Paris: Masson et Cie, 1967. — VII, 624 p. — Bibliogr.: P. 610–612.  
То же: см. п. 211.

**1968**

282. Идеи и машины // Неделя. — 1968. — 13 авг.
283. Мигающий реактор в Дубне // Техника — молодежи. — 1968. — № 5. — С. 1–3. — Совместно с В. А. Бирюковым.
284. \*\*О взаимодействии микросистемы с измерительным прибором // УФН. — 1968. — Т. 95, вып. 1. — С. 75–89. — Библиогр.: 12.
285. Основы квантовой механики: Пер. 4-го рус. изд. — Ереван: Луйс, 1968. — 758 с. На арм. яз.  
То же: см. п. 211.
286. \*\*Почти локальная матрица рассеяния // Вопр. теории элементарных частиц: Междунар. семинар по теории элементарных частиц, Варна, Болгария, 6–19 мая 1968 г.: Тр. — Дубна, 1968. — С. 419–425. — (ОИЯИ, Р2-4050). — Библиогр.: 11. — Совместно с Г. И. Колеровым.  
То же: см. п. 295.
287. Флуктуационный механизм передачи большого импульса легким ядрам. — Дубна, 1968. — 8 с. — (ОИЯИ, ЛТФ, Р4-4018). — Совместно с К. А. Токтаровым.
288. Эволюция квантовой теории поля // Природа. — 1968. — № 1. — С. 23–32. — Совместно с П. С. Исаевым.
289. The Philosophy of Quantum Mechanics. — Dordrecht; N. Y.: Reidel; Humanities. — 1968. — VIII, 132 p. — Bibliogr.: P. 132. (Пер.: Принци-

пиальные вопросы квантовой механики. — М.: Наука, 1966).  
То же: см. п. 264.

290. Principes essentiels de la méchanique quantique (Принципиальные вопросы квантовой механики). — Paris: Dunod, 1968. — XII, 192 р.  
То же: см. п. 264.

## 1969

291. Импульсный реактор с инжектором ИБР-2. — Дубна, 1969. — 37 с. — (ОИЯИ, ЛНФ, 13-4392). — Библиогр.: 19. — Совместно с В. Д. Ананьевым, П. В. Букаевым, Ю. М. Булкиным, Ю. П. Вахрушевым, В. В. Виноградовым, Н. А. Доллежалем, Г. Н. Жемчужниковым, И. Д. Зубковой, В. С. Кузнецовым, Б. И. Куприным, Е. П. Комаром, В. С. Лобановым, И. М. Маторой, А. Навроцки, В. М. Назаровым, А. К. Поповым, В. П. Смирновым, В. С. Смирновым, И. М. Франком, А. И. Хоперским, Н. А. Хрястовым, Е. П. Шабалиным, Ф. Л. Шапиро, О. Я. Шахом, Ю. С. Язвицким.
292. Ленинская идея о неисчерпаемости материи и современные представления о строении вещества // Ленин и современное естествознание. — М.: Мысль, 1969. — С. 170–185. — Совместно с В. С. Барашенковым.  
То же: Коммунист. — 1969. — № 5. — С. 47–56.
293. О физических основах квантовой механики // Вопр. философии. — 1969. — № 3. — С. 127–136.
294. Опыт эксплуатации и развитие импульсных периодических реакторов в Дубне. — Дубна, 1969. — 35 с. — (ОИЯИ, ЛНФ, 13-4395). — Совместно с В. Д. Ананьевым, Б. Н. Буниным, Л. К. Кулькиным, И. М. Маторой, В. М. Назаровым, В. Т. Руденко, И. М. Франком, Е. П. Шабалиным, Ф. Л. Шапиро, Ю. С. Язвицким.
295. Почти локальная матрица рассеяния // Проблемы теоретической физики: Сб. ст., посвященный Николаю Николаевичу Боголюбову в связи с его шестидесятилетием. — М.: Наука, 1969. — С. 47–53. — Библиогр.: 19. — Совместно с Г. И. Колеровым.  
То же: см. п. 286.
296. Ред.: Проблемы теоретической физики: Сб. ст., посвященный Николаю Николаевичу Боголюбову в связи с его шестидесятилетием. — М.: Наука, 1969. — 430 с.: ил.
297. Спектральное представление двухточечных функций для полей, описывающих составные частицы. — Дубна, 1969. — 11 с. — (ОИЯИ, ЛТФ, Р2-4805). — Совместно с Р. П. Зайковым.  
То же: см. п. 316.
298. Formfaktoren in der klassischen Dynamik der Teilchen (Формфакторы в классической динамике частиц) // Z. Phys. — 1969. — Bd. 229, Hf. 3/5. — S. 199–205.
299. On the Simple Relativistic Models of the Hadrons (О простых релятивистических моделях адронов) // Coral Gables Conf. on Fundamental Interactions at High Energy, Coral Gables, Jan. 22–24, 1969: Proc. / Eds.: T. Gudehus et al. — N. Y. etc.: Gordon and Breach, 1969. — P. 69–73.

300. Operation and Development of Periodically Pulsed Reactors // Nucl. News. — 1969. — V. 12, № 4. — P. 47–52. — Совместно с В. Д. Ананьевым, Б. Н. Буниным, Л. К. Кулькиным, И. М. Маторой, В. М. Назаровым, В. Т. Руденко, И. М. Франком, Е. П. Шабалиным, Ф. Л. Шапиро, Ю. С. Язвицким.

**1970**

301. Введение // Рождение мирного атома: Сб. ст. — Дубна, 1970. — С. 7–8. — (ОИЯИ, 4-4589).
302. \*\*Ленин и физика // Наука и человечество. 1969. — М.: Знание, 1970. — С. 48–65.  
То же: Wissenschaft und Menschheit. — Berlin: Urania-Verlag Leipzig; Jena, 1970. — Bd. 6. — S. 10–31.
303. Мирное применение атомной энергии: Докл. на юбилее Пражской высшей технической шк., 1957 г. // Рождение мирного атома: Сб. ст. — Дубна, 1970. — С. 107–121. — (ОИЯИ, 4-4589). — Библиогр.: 14.  
То же: см. п. 127.
304. Новая эра в развитии науки // Рождение мирного атома: Сб. ст. — Дубна, 1970. — С. 21–24. — (ОИЯИ, 4-4589).  
То же: см. п. 128.
305. \*\*О квантовании существенно-нелинейного поля. — Дубна, 1970. — 15 с. — (ОИЯИ, ЛТФ, Р2-4942). — Библиогр.: 8.  
То же: ТМФ. — 1970. — Т. 4, № 2. — С. 145–151.  
То же на англ. яз.: см. п. 326.
306. Первая атомная электростанция СССР и пути развития атомной энергетики // Рождение мирного атома: Сб. ст. — Дубна, 1970. — С. 39–82. — (ОИЯИ, 4-4589). — Библиогр.: 18. — Совместно с Н. А. Николаевым.  
То же: см. п. 105, 131.
307. Предисловие // Вавилов С. И. Ленин и современная физика. — М.: Наука, 1970. — С. 5–14. — Совместно с И. М. Франком.  
То же: см. п. 392.
308. Проблемы структуры элементарных частиц // Диалектика и современное естествознание. — М.: Наука, 1970. — С. 182–192. — Совместно с В. С. Барашенковым.
309. Пространство и время в микромире. — М.: Наука, 1970. — 359 с. — Библиогр.: с. 355–359.  
То же: см. п. 351, 414.
310. Разложение инвариантной двухточечной функции билокального поля по группам Пуанкаре, Лоренца и  $O(4,1)$  ( $O(3,2)$ ). — Дубна, 1970. — 20 с. — (ОИЯИ, ЛТФ, Р2-5304). — Совместно с Р. П. Зайковым.
311. Реактор атомной электростанции АН СССР // Рождение мирного атома: Сб. ст. — Дубна, 1970. — С. 125–146. — (ОИЯИ, 4-4589). — Библиогр.: 3. — Совместно с Н. А. Доллежалем и А. К. Красиным.  
То же: см. п. 107.
312. Ред.: Вавилов С. И. Ленин и современная физика. — М.: Наука, 1970.  
То же: см. п. 393.

313. Речь по случаю окончания конференции по физике высоких энергий, Рочестер, сент. 1960 г. // Рождение мирного атома: Сб. ст. — Дубна, 1970. — С. 33. — (ОИЯИ, 4-4589).
314. Рождение мирного атома // Рождение мирного атома: Сб. ст. — Дубна, 1970. — С. 13–18. — (ОИЯИ, 4-4589).  
То же: см. п. 228.
315. Современное состояние нелокальной и неперенормируемой теории поля. — Дубна, 1970. — 20 с. — (ОИЯИ, ЛТФ, Р2-4941). — Библиогр.: 24.  
То же: Нелокальные, нелинейные и неренормируемые теории поля: 2-е совещ. по нелокальной теории поля, Азаз, 15–25 марта 1970 г.: Материалы. — Дубна, 1970. — С. 5–25. — (ОИЯИ, 2-5400). — Библиогр.: 25.
316. Спектральное представление двухточечных функций для полей, описывающих составные частицы // ТМФ. — 1970. — Т. 3, № 2. — С. 166–170. — Совместно с Р. П. Зайковым.  
То же: см. п. 297.
317. Теория возмущений с «cut-off». — Дубна, 1970. — 14 с. — (ОИЯИ, ЛТФ, Р2-4952). — Совместно с Г. И. Колеровым.
318. Физика и техника: Речь по поводу присуждения почетного звания д-ра техн. наук, Прага, июнь 1957 г. // Рождение мирного атома: Сб. ст. — Дубна, 1970. — С. 27–30. — (ОИЯИ, 4-4589).  
То же: см. п. 160.
319. Физические и тепловые расчеты реактора атомной электростанции АН СССР // Рождение мирного атома: Сб. ст. — Дубна, 1970. — С. 149–185. — (ОИЯИ, 4-4589). — Библиогр.: 6. — Совместно с М. Е. Минашиним и Ю. А. Сергеевым.  
То же: см. п. 108.
320. Физические и технические основы атомной энергетики // Рождение мирного атома: Сб. ст. — Дубна, 1970. — С. 85–104. — (ОИЯИ, 4-4589). — Библиогр.: 17.  
То же: см. п. 109.
321. \*\*Recent Developments on Nonlocal and Essentially Nonlinear Field Theory (Современное состояние нелокальной и существенно-нелинейной теории поля) // Fundamental Problems of the Elementary Particle Theory: Seminar in the Course of the XVth Intern. Rochester Conf. on High Energy Physics, Kiev, Aug. 29, 1970: Proc. — Kiev: ITP, 1970. — P. 41–58. — (ITP, 70-99).  
То же: 15-я Междунар. конф. по физике высоких энергий, Киев, 26 авг.–4 сент. 1970 г.: Материалы: В 2 т. — Дубна, 1970. — Т. 2. — С. 827–841. — (ОИЯИ, 5481).
322. Žasadní otázky kvantové mechaniky. — Praha: Academia, 1970. — 158 p.  
То же: см. п. 264.

**1971**

323. Как устроен мир микромира: Интервью // Знание — сила. — 1971. — № 8. — С. 8.

324. Особенности конструкции и оптимизация модулятора реактивности реактора ИБР-2 // Ат. энергия. — 1971. — Т. 31, вып. 4. — С. 352–358. — Совместно с В. Д. Ананьевым, В. В. Бондаренко, Ю. М. Булкиным, Е. Н. Волковым, Г. Н. Жемчужниковым, В. П. Зиновьевым, Б. И. Куприным, В. С. Лобановым, А. К. Поповым, В. С. Смирновым, В. И. Соколовым, Ф. И. Украинцевым, И. М. Франком, А. И. Хоперским, Н. А. Хрястовым, Е. П. Шабалиным, Ю. С. Язвицким.  
То же: см. п. 329.
325. Стохастические пространства. — Дубна, 1971. — 32 с. — (ОИЯИ, ЛТФ, Р2-6094). — Библиогр.: 19.
326. On the Quantization of an Essentially Nonlinear Field (О квантовании существенно-нелинейного поля) // Nuovo Cim. A. — 1971. — V. 2, № 3. — P. 632–640.  
То же: см. п. 305.
327. Physik der Elementarteilchen und das Prinzip der Kausalität (Физика элементарных частиц и принцип причинности) // Wissenschaftliche Zeitschrift der Humboldt-Universität zu Berlin. — 1971. — Bd. 20. — S. 295.
328. The Stochastic Spaces (Стохастические пространства). — Dubna, 1971. — 13 р. — (JINR, LTPh, E2-5922). — Bibliogr.: 7.  
То же: см. п. 331.

**1972**

329. Особенности конструкции и оптимизация модулятора реактивности реактора ИБР-2 = Design of the IBR-2 Reactor and Optimization of Its Reactivity Modulator // 4th Intern. Conf. on Peaceful Use of Atomic Energy, Geneva, Sept. 6–16, 1972: Proc. — Vienna: IAEA, 1972. — V. 7: Advanced Research Uses of Reactors and Accelerators, and Applications in Energy Conversion. — P. 41–52. — (A/Conf. 49/P/774). — Bibliogr.: 6. — Совместно с В. Д. Ананьевым, В. В. Бондаренко, Ю. М. Булкиным, Е. Н. Волковым, Г. Н. Жемчужниковым, В. П. Зиновьевым, Б. И. Куприным, В. С. Лобановым, А. К. Поповым, В. С. Смирновым, В. И. Соколовым, Ф. И. Украинцевым, И. М. Франком, А. И. Хоперским, Н. А. Хрястовым, Е. П. Шабалиным, Ю. С. Язвицким.  
То же: см. п. 324.
330. \*\*Применения функциональных интегралов в квантовой механике и теории поля // УФН. — 1972. — Т. 106, вып. 4. — С. 593–616. — Библиогр.: 42. — Совместно с Б. М. Барбашовым.
331. \*\*Стохастические пространства // ТМФ. — 1972. — Т. 11, № 1. — С. 3–8.  
То же на англ. яз.: Stochastic Spaces // Acta Phys. Acad. Sci. Hung. — 1972. — V. 32, Fs. 1/4. — P. 75–81. — Bibliogr.: 7.  
То же: см. п. 328.
332. Фундаментальные исследования определяют завтрашний день науки: Интервью // Наука и техника. — 1972. — № 7. — С. 10–13.

333. Geometry and Physics of the Microworld (Геометрия и физика микромира). — Dubna. — 1972. — 36 p. — (JINR, LTPh, E2-6653).  
То же: см. п. 337.
334. Grundlagen der Quantenmechanik (Основы квантовой механики). — 6., durchges. u. nach d. 3. sowjet. Ausg. erw. Aufl. — Frankfurt am Main etc: Verlag H. Deutsch, 1972. — XV, 624 S. — Bibliogr.: S. 608–610.  
То же: см. п. 174, 181, 199, 267, 278, 396, 420, 429.
335. L'idea lininista di inesauribilità della materia nella fisica moderna // L'interpretazione materialistica della meccanica quantistica Fisica e filosofia in URSS. — Milano: Feltrinelli Ed., 1972. — P. 449–463. — Совместно с В. С. Баращенковым.
336. Stochastic Spaces (Стохастические пространства). — Dubna, 1972. — 44 p. — (JINR, E2-6566). — Bibliogr.: 19.

### 1973

337. \*\*Геометрия и физика микромира // УФН. — 1973. — Т. 110, вып. 4. — С. 481–497. — Библиогр.: 47.  
То же: см. п. 333.
338. Задачи современной физики элементарных частиц и будущие ускорители: Представлено на Совещ. ведущих ученых стран-участниц ОИЯИ по перспективам развития физики элементарных частиц и атомного ядра, Дубна, май 1973 г. — Дубна, 1973. — 14 с. — (ОИЯИ, Р2-7077).
339. Ленинская идея неисчерпаемости материи в современной физике // Физическая наука и философия: 2-е Всесоюз. совещ. по филос. вопр. современного естествознания: Тр. — М.: Наука, 1973. — С. 78–101. — Совместно с В. С. Баращенковым.
340. О соотношении фундаментальных и прикладных исследований. — Дубна, 1973. — 22 с. — (ОИЯИ, ЛТФ, Р2-7553).  
То же: см. п. 354.
341. Оптическая модель сильных взаимодействий и эйкональное приближение в теории рассеяния // ЭЧАЯ. — 1973. — Т. 4, вып. 3. — С. 623–661. — Совместно с Б. М. Барбашовым, В. В. Нестеренко, В. Н. Первушкиным.
342. Открыть новое в старом // Техника — молодежи. — 1973. — № 5. — С. 16–17.
343. Предисловие // Принцип относительности: Сб. работ по специальной теории относительности / Сост. А. А. Тяпкин. — М.: Атомиздат, 1973. — С. 3–4.
344. \*\*Проектирование новых ускорителей и задачи современной физики элементарных частиц // УФН. — 1973. — Т. 109, вып. 2. — С. 259–268. — Библиогр.: 18. — Совместно с А. В. Ефремовым и Р. М. Мурадяном.  
То же на англ. яз.: Modern Elementary Particle Physics and Development of New Accelerators / Transl. S. J. Amorretty. — Upton, 1973. — 21 p. — (BNL-Tr-542).
345. Релятивистская матрица плотности в фазовом пространстве. — Дубна, 1973. — 12 с. — (ОИЯИ, ЛТФ, Р2-7424). — Библиогр.: 4.

346. \*\*Стохастическое пространство и нелокальное поле // ТМФ. — 1973. — Т. 17, № 2. — С. 153–159.
347. \*\*«Элементарная длина» и эффект Мёссбауэра // ЯФ. — 1973. — Т. 17, вып. 4. — С. 830–836.
348. Geometry and Physics of the Elementary Particles (Геометрия и физика элементарных частиц) // Fundamental Interactions in Physics: Coral Gables Conf., Coral Gables, USA, Jan. 22–26, 1973: Proc. / Ed.: A. Perlmutter. — N. Y. etc.: Plenum Press, 1973. — P. 83–95. — (Studies in the Natural Sci. V. 2).
349. Present Status of Quantum Field Theory: Introductory Talk at the Intern. Seminar on Nonlocal Quantum Field Theory, Alushta, April, 1973. — Dubna, 1973. — 22 p. — (JINR, E2-7045).  
То же на рус. яз.: Современное состояние квантовой теории поля // Нелокальные, нелинейные и неренормируемые теории поля: 3-е Междунар. совещ. по нелокальным теориям поля, Алушта, 23–30 апр. 1973 г.: Материалы. — Дубна, 1973. — С. 7–22. — (ОИЯИ, Д2-7161).
350. Problems of Contemporary Elementary Particle Physics and Prospective Accelerators (Задачи современной физики элементарных частиц и будущие ускорители). — Dubna, 1973. — 14 p. — (JINR, E2-7420). — Bibliogr.: 16.
351. Space and Time in the Microworld / Trans.: Z. Smith. — Dordrecht; Boston: Reidel, 1973. — XIV, 330 p.  
То же: см. п. 309.

**1974**

352. Вывод уравнения квазипотенциального типа методом Фока–Подольского. — Дубна, 1974. — 25 с. — (ОИЯИ, ЛТФ, Р2-7719). — Библиогр.: 6. — Совместно с В. А. Ризовым и И. Т. Тодоровым.  
То же: см. п. 370.
353. Дерзать, думать, действовать // За коммунизм. — 1974. — 23 апр.
354. За съотношението между фундаменталните и приложните изследования (О соотношении фундаментальных и прикладных исследований) // Списание на Бълг. АН. — 1974. — № 5. — С. 10–19.  
То же: см. п. 340.
355. \*Некоторые выводы из опыта эксплуатации первой в мире АЭС // Ат. энергия. — 1974. — Т. 36, вып. 6. — С. 423–426. — Совместно с Н. А. Должалем и А. К. Красиным.
356. Первая атомная // Вопр. истории. — 1974. — № 6. — С. 107–121.
357. \*\*Пропорции в науке // Наука и жизнь. — 1974. — № 6. — С. 72–78.
358. Принципиальные вопросы квантовой механики. — Токио, 1974. На яп. яз.  
То же: см. п. 264.
359. Простейшие случаи расщепления вакуума // Семинар по  $\mu e$ -проблеме, Москва, 1972: Тр. — М.: Наука, 1974. — С. 130–139.
360. \*\*Стохастические пространства (Обзор) // ЭЧАЯ. — 1974. — Т. 5, вып. 3. — С. 606–644.

361. \*\*Essentially Nonlinear Fields and Vacuum Polarization. — Dubna, 1974. — 12 p. — (JINR, LTPh, E2-7952).  
 То же на рус. яз.: Существенно-нелинейные поля и поляризация вакуума // ТМФ. — 1974. — Т. 21, № 2. — С. 155–159.  
 То же: Высокие энергии и элементарные частицы: 4-й Междунар. симп. по физике высоких энергий и элементарных частиц, Варна, НРБ, 22–27 сент. 1974 г.: Тр. — Дубна, 1974. — С. 272–280. — Библиогр.: 9. — (ОИЯИ, Д1,2-8405).
362. Renormalizable Group for Nonrenormalizable QFT. — Dubna, 1974. — 13 p. — (JINR, LTPh, E2-8027). — Совместно с А. В. Ефремовым, Д. В. Ширковым.  
 То же на рус.яз.: Ренормализационная группа в неренормируемой теории поля // Изв. вузов. Физика. — 1974. — № 12. — С. 23–29.  
 То же: см. п. 377.

## 1975

363. Да търсим нови пътища в науката! Интервью / Интервьюер А. Гиршева // Дружба. — 1975. — 19 июля. — С. 1; 4.
364. Люди, космос, атом // Неделя. — 1975. — 20–26 янв.
365. О работе выхода электронов из металла // Тамм И. Е. Собр. науч. тр.: В 2 т. — М.: Наука, 1975. — Т. 1. — С. 227–255. — Совместно с И. Е. Таммом.  
 То же: см. п. 3, 8.
366. О размере странных夸克ов. — Дубна, 1975. — 8 с. — (ОИЯИ, ЛТФ, Р2-9271). — Библиогр.: 4.
367. О собственной массе лептонов (On Lepton Self Mass). — Дубна, 1975. — 11 с. — (ОИЯИ, ЛТФ, Р2-9082). — Библиогр.: 1. — Совместно с Д. Ю. Бардиным.
368. Секреты микромира // Неделя. — 1975. — № 10.  
 То же: см. п. 378.

## 1976

369. Вступительное слово // Нелокальные, нелинейные и неренормируемые теории поля: 4-е Междунар. совещ. по нелокальным теориям поля, Алушта, 20–28 апр. 1976 г.: Материалы. — Дубна, 1976. — С. 1–7. — (ОИЯИ, Д2-9788).
370. Вывод уравнения квазипотенциального типа методом Фока–Подольского // ТМФ. — 1976. — Т. 28, № 1. — С. 3–26. — Совместно с В. А. Ризовым и И. Т. Тодоровым.  
 То же: см. п. 352.
371. МГУ в Дубне // Моск. ун-т. — 1976. — 20 апр.
372. \*\*О гипотезе расширяющейся Вселенной // ДАН СССР. — 1976. — Т. 229, № 1. — С. 67–69.
373. Основы квантовой механики: Учеб. пособие для вузов. — 5-е изд., перераб. — М.: Наука, 1976. — 664 с.: ил.  
 То же: см. п. 53, 80, 174, 211, 416, 434.

374. О поглощении ультрахолодных нейтронов. — Дубна, 1976. — 12 с. — (ОИЯИ, ЛТФ, Р4-9631). — Библиогр.: 7. — Совместно с Н. М. Плакидой.
375. Памяти Эдуарда Владимировича Шпольского (1892–1975) // УФН. — 1976. — Т. 118, № 1. — С. 189–190. — Совместно с Т. Н. Болотниковой, В. Л. Гинзбургом, Я. Б. Зельдовичем, Б. Б. Кадомцевым, П. Л. Капицей, Н. Н. Маловым, Г. В. Розенбергом, Н. Н. Семеновым, С. Г. Суворовым, В. А. Угаровым, Р. В. Хохловым.
376. Предпосылки научно-технического прогресса // Вопр. истории, естествозн. и техн. — 1976. — Вып. 1. — С. 3–9.  
То же: Современные проблемы физики: Сб. — М.: Знание, 1976. — С. 4–18.
377. Ренормализационная группа в неренормируемой теории поля // Актуальные проблемы теоретической физики: Сб. / Ред. А. А. Соколов. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1976. — С. 324–333. — Библиогр.: 16. — Совместно с А. В. Ефремовым и Д. В. Ширковым.  
То же: см. п. 362.
378. Секреты микромира // Эврика. 1976. — М.: Мол. гвардия, 1976. — С. 59–62.  
То же: см. п. 368.
379. Ядерные проблемы: Интервью // Neue Berliner Illustrierte. — 1976. — Nr. 12. — S. 14.
380. Ярко, аргументированно: О XXV съезде КПСС // За коммунизм. — 1976. — 2 марта. — С. 1.
381. Dynamics of Quarks (Динамика кварков). — Dubna, 1976. — 7 р. — (JINR, LTPh, E2-10105).  
То же на рус. яз.: см. п. 385.
382. Safeguard and Some Aspects of Safety of the IBR-2 Reactor // US/Japan Seminar on Fast Pulse Reactors, Tokai, Ibaraki, Japan, Jan. 19–23, 1976: Proc. — Tokyo, 1976. — Р. 573–601. — Bibliogr.: 5. — Совместно с В. Д. Ананьевым, Б. Н. Буниным, С. В. Зинкевичем, И. М. Франком.
383. Statistical Ensembles in Quantum Mechanics (Статистические ансамбли в квантовой механике) // Quantum Mechanics, Determinism, Causality, and Particles: An International Collection of Contributions in Honor of Louis De Broglie on the Occasion of the Jubilee of His Celebrated Thesis. — Dordrecht; Boston, 1976. — Р. 147–158.

**1977**

384. Атом — от истоков овладения до промышленной отрасли // Коммунист. — 1977. — № 13. — С. 126–127. — Совместно с А. К. Красиным.
385. \*\*Динамика кварков // ТМФ. — 1977. — Т. 30, № 3. — С. 299–302. — Библиогр.: 2.  
То же: см. п. 380.
386. \*ИБР-2 — импульсный реактор периодического действия для нейтронных исследований. — Дубна, 1977. — 53 с. — (ОИЯИ, ЛНФ, Р3-10888). — Библиогр.: 48. — Совместно с В. Д. Ананьевым, Ю. М. Булкиным, Б. Н. Буниним, Е. Д. Воробьевым, Н. А. Доллежалем,

*В. И. Лущиковым, Ю. М. Останевичем, В. С. Смирновым, И. М. Франком, Н. А. Хрястовым, Е. П. Шабалиным, Э. И. Шараповым, Ю. С. Языцким.*

То же: ПТЭ. — 1977. — № 5. — С. 17–35.

То же: см. п. 410.

387. Наедине со звездами: Интервью // Сов. спорт. — 1977. — 13 марта.
388. \*\*Классическая статистическая физика и квантовая механика // УФН. — 1977. — Т. 122, № 4. — С. 745–757. — Библиогр.: 10.
389. \*О нагревании ультрахолодных нейtronов. — Дубна, 1977. — 14 с. — (ОИЯИ, ЛТФ, Р4-10381). — Совместно с Н. М. Плакидой.  
То же на англ. яз.: On the Heating of Ultracold Neutrons // Physica Status Solidi (b). — 1977. — V. 82, № 2. — P. 627–632.
390. Об ускорителях для физики высоких энергий // Ускорительно-накопительный комплекс на базе ускорителя ИФВЭ: 21-я сессия научно-координац. совета при ИФВЭ, 1976 г.: Материалы. — Серпухов, 1977. — С. 21–26.
391. Письмо в редакцию журнала «Вопросы философии»: По поводу рецензии итальянских физиков на книгу М. Э. Омельяновского // Вопр. философии. — 1977. — № 2. — С. 158–159.
392. Предисловие // Вавилов С. И. Ленин и современная физика. — 2-е изд. — М.: Наука, 1977. — С. 3–13. — Совместно с И. М. Франком.  
То же: см. п. 307.
393. Ред.: Вавилов С. И. Ленин и современная физика. — 2-е изд. — М.: Наука, 1977. — 72 с.  
То же: см. п. 312.
394. Речь на закрытии Школы // 10-я Междунар. шк. молодых ученых по физике высоких энергий, Баку, 1976 г.: Материалы. — Дубна, 1977. — С. 5–7. — (ОИЯИ, Д2-10533).
395. Рождение мирного атома. — М.: Атомиздат, 1977. — 113 с.: ил. — Библиогр.: 23.  
То же: см. п. 419.
396. Grundlagen der Quantenmechanik (Основы квантовой механики). — 7., durchges. u. nach d. 3., sowjet. Ausg. erw. Aufl. — Thun [u. a.]: Verlag H. Deutsch, 1977. — XV, 624 S. — Bibliogr.: S. 608–610.  
То же: см. п. 174, 181, 199, 267, 278, 334, 420, 429.
397. On Non-Local *S*-Matrix (О нелокальной *S*-матрице) // Methods in Subnuclear Physics: 5th Intern. School of Elementary Particle Physics, Herceg-Novi, Yugoslavia, Sept. 15–28, 1969: Proc. / Ed.: M. M. Nikolic. — N. Y.: Gordon and Breach, 1977. — V. 5, Pt. 2. — P. 285–294. — Bibliogr.: 12.

## 1978

398. \*\*Квантовая механика. Лекции по избранным вопросам. — Дубна: ОИЯИ, 1978. — 130 с. — (ОИЯИ, Р2-11728). Лекции для молодых ученых, вып. 16). — Библиогр.: С. 128–129.
399. \*\*Представление о флуктонах и передача большого импульса сложным системам // 5-й Междунар. семинар по проблемам физики вы-

- соких энергий, Дубна, 1978 г.: Тр. — Дубна, 1978. — С. 288–299. — (ОИЯИ, Д1,2-12036). — Библиогр.: 20. — Совместно с А. В. Ефремовым, В. К. Лукьяновым, А. И. Титовым.
400. Ред.: Общая теория относительности / Поль Адриен Морис Дирак; пер. с англ. Г. В. Исаева. — М.: Атомиздат, 1978. — 65 с.: ил.
401. Ред.: Существенно-нелинейные квантовые теории, динамические симметрии и физика мезонов / М. К. Волков, В. Н. Первушин. — М.: Атомиздат, 1978. — 239 с.: ил.
402. «Fluctuons» and High Momentum Transfer in Nuclear Processes: A Report Submitted to the 19th Intern. Conf. on High Energy Physics, Tokyo, Aug. 23–30, 1978. — Tokyo, 1979. — 17 р. — Bibliogr.: 20. — Совместно с А. В. Ефремовым, В. К. Лукьяновым, А. И. Титовым.
403. \*\*Quarks in a Quantized Space. — Dubna, 1978. — 13 р. — (JINR, E2-11297). — Bibliogr.: 6.  
То же на рус. яз.: Кварки в квантованном пространстве // ТМФ. — 1978. — Т. 37, № 2. — С. 147–153.

**1979**

404. \*\*Вселенная как газ фридмонов // ДАН СССР. — 1979. — Т. 246, № 4. — С. 828–829. — Библиогр.: 3.
405. Из истории пуска первой АЭС (документы и материалы). Приказ № 4 директора ФЭИ о начале и порядке организации пусковых работ на АЭС от 6 мая 1954 г. // Ат. энергия. — 1979. — Т. 46, вып. 6. — С. 419.
406. Конспект вводного доклада // Проблемы квантовой теории поля: 5-е Междунар. совещ. по нелокальным теориям поля, Алушта, 1979 г.: Тр. — Дубна, 1979. — С. VII–XII. — (ОИЯИ, Р2-12462). — Библиогр.: 16.
407. Физика, техника и поляризация // Техника — молодежи. — 1979. — № 8. — С. 14–17.
408. Физический пуск импульсного исследовательского реактора ИБР-2. — Дубна, 1979. — 23 с. — (ОИЯИ, Р13-12482). — Библиогр.: 5. — Совместно с В. Д. Ананьевым, В. А. Архиповым, А. И. Бабаевым, Ю. М. Булкиным, Б. Н. Буниным, Е. Д. Воробьевым, Н. А. Доллежалем, Л. В. Едуновым, В. С. Лаврухиным, В. Л. Ломидзе, В. В. Мелиховым, Ю. И. Митяевым, Ю. Н. Пепельшевым, В. П. Пластининым, А. Д. Роговым, В. С. Смирновым, И. М. Франком, Н. А. Хрястовым, Е. П. Шабалиным, Ю. С. Язвицким.  
То же: Ат. энергия. — 1979. — Т. 46, вып. 6. — С. 393–400.
409. Fluctons and Large Momentum Transfer (Флуктоны и передача большого импульса) // 19th Intern. Conf. on High Energy Physics, Tokyo, Aug. 23–30, 1978: Proc. — Tokyo, 1979. — Р. 475–477. — Bibliogr.: 11.

**1980**

410. IBR-2 periódikus működésü impulzusreaktor neutronos kutatásokhoz (ИБР-2 — импульсный реактор периодического действия для нейтронных исследований) // Fizikai szemle. — 1980. — V. 30, № 5. —

Р. 161–175. — Bibliogr.: 48. — Совместно с В. Д. Ананьевым, Ю. М. Булкиным, Б. Н. Буниным, Е. Д. Воробьевым, Н. А. Доллежалем, В. И. Луциковым, Ю. М. Останевичем, В. С. Смирновым, И. М. Франком, Н. А. Хрястовым, Е. П. Шабалиным, Э. И. Шараповым, Ю. С. Язвицким.  
То же: см. п. 386.

## 1981

411. Акустика неоднородной движущейся среды. — 2-е изд. — М.: Наука, 1981. — 206 с.: ил. — Библиогр.: с. 202–203.  
То же: см. п. 62.
412. Квантовая механика: Лекции по избр. вопр.: Для физ. спец. ун-тов. — М.: Атомиздат, 1981. — 97 с. — Библиогр.: с. 95.  
То же: см. п. 427.

## 1982

413. Две ветви познания мира // Техника — молодежи. — 1982. — № 3. — С. 18–23.  
То же: см. п. 421.
414. Пространство и время в микромире. — 2-е изд., испр. — М.: Наука, 1982. — 349 с. — Библиогр.: с. 341–345.  
То же: см. п. 309.
415. Стихотворения // Муза в храме науки: Сб. стихотворений / Сост., авт. предисл., примеч. и биогр. справок В. Ф. Ноздрев. — М.: Сов. Россия, 1982.  
То же: см. п. 428.

## 1983

416. Основы квантовой механики: Учеб. пособие для вузов. — 6-е изд., стереотип. — М.: Наука, 1983. — 664 с.: ил.  
То же: см. п. 53, 80, 174, 211, 373, 434.
417. Свет из Калуги // Техника — молодежи. — 1983. — № 4. — С. 14–17.  
То же: см. п. 425.

## 1984

418. Размышления о проблемах познания и творчества и закономерностях процессов развития // Теория познания и современная физика / Отв. ред. Ю. В. Сачков. — М.: Наука, 1984. — Гл. 4. — С. 53–74.

## 1985

419. Die Geburt des friedlichen Atoms (Рождение мирного атома) / Übers. und Bearb. M. Kunicke. — 1. Aufl. — Leipzig: Dt. Verl. für Grundstoffindustrie, 1985. — 107 S.: 31 Ill.  
То же: см. п. 395.
420. Grundlagen der Quantenmechanik (Основы квантовой механики). — 8. Aufl. — Frankfurt am Main: Verlag H. Deutsch, 1985. — XV, 624 S.  
То же: см. п. 174, 181, 199, 267, 278, 334, 396, 429.

**1986**

421. Две ветви познания мира // Семинар, посвященный 75-летию со дня рождения Д. И. Блохинцева, Дубна, 23 янв. 1983 г.: Тр./Ред.: А. В. Ефремов и В. Н. Первушин. — Дубна: ОИЯИ, 1986. — С. 77–91. — (ОИЯИ, 85-570).  
То же: см. п. 413.
422. Импульсный «Быстрый» // Семинар, посвященный 75-летию со дня рождения Д. И. Блохинцева, Дубна, 23 янв. 1983 г.: Тр. / Ред.: А. В. Ефремов и В. Н. Первушин. — Дубна: ОИЯИ, 1986. — С. 73–76. — (ОИЯИ, 85-570).
423. Проблема распространения и генерации звука потоком // Семинар, посвященный 75-летию со дня рождения Д. И. Блохинцева, Дубна, 23 янв. 1983 г.: Тр./Ред.: А. В. Ефремов и В. Н. Первушин. — Дубна: ОИЯИ, 1986. — С. 139–140. — (ОИЯИ, 85-570)
424. 50 лет советской науки: Фонограмма выступления на общем собрании ЛТФ ОИЯИ в 1967 г. // Семинар, посвященный 75-летию со дня рождения Д. И. Блохинцева, Дубна, 23 янв. 1983 г.: Тр. / Ред.: А. В. Ефремов и В. Н. Первушин. — Дубна: ОИЯИ, 1986. — С. 18–20. — (ОИЯИ, 85-570).
425. Свет из Калуги // Семинар, посвященный 75-летию со дня рождения Д. И. Блохинцева, Дубна, 23 янв. 1983 г.: Тр. / Ред.: А. В. Ефремов и В. Н. Первушин. — Дубна: ОИЯИ, 1986. — С. 61–72. — (ОИЯИ, 85-570).  
То же: см. п. 417.

**1987**

426. Принципиальные вопросы квантовой механики. — 2-е изд., испр. — М.: Наука, 1987. — 151 с.: ил. — Библиогр.: с. 148–150.  
То же: см. п. 264.

**1988**

427. Квантовая механика: Лекции по избр. вопр.: Для физ. спец. вузов / Ред. А. В. Ефремов. — 2-е изд., доп. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1988. — 110 с.: ил. — Библиогр.: с. 100.  
То же: см. п. 412.
428. Стихотворения // Муза в храме науки : Сб. стихотворений / Сост., авт. предисл., примеч. и библиогр. справок В. Ф. Ноздрев. — 2-е изд., доп. и перераб. — М.: Сов. Россия, 1988.  
То же: см. п. 415.
429. Grundlagen der Quantenmechanik (Основы квантовой механики). — 9. Aufl. — Thun [u.a.]: Verlag H. Deutsch, 1988. — XV, 624 S. — Bibliogr.: S. 608–610.  
То же: см. п. 174, 181, 199, 267, 278, 334, 396, 420.

**1993**

430. К критике принципа простоты: Выступление на конф., Дубна, 1978 г. // Тр. по методологическим проблемам физики: Сб. науч. тр. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1993. — С. 147–151.

431. К цельной теории микромира: Из выступления на конф., Дубна, 1965 г. // Тр. по методологическим проблемам физики: Сб. науч. тр. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1993. — С. 189–192.
432. Об объективном и субъективном в толковании волновой функции: Краткое содерж. выступления на совещании физиков и философов, Дубна, 1978 г. // Тр. по методологическим проблемам физики: Сб. науч. тр. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1993. — С. 184–188.
433. Тр. по методологическим проблемам физики: Сб. науч. тр. / Сост. Н.А. Коненкова (Блохинцева). — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1993. — 240 с.: ил. — Библиогр. в конце работ.

### **2004**

434. Основы квантовой механики: Учеб. пособие. — 7-е изд., стер. — СПб.: Лань, 2004. — 664 с.: ил.  
То же: см. п. 53, 80, 174, 211, 373, 416.