

## Литература

1. Гинзбург В. Л. К истории открытия и изучения сверхпроводимости.— ВИЕТ, 1980, № 1.
2. Bohr N. Lectures on the electron theory of metals (translation of notes).— In: Bohr N. Collected works. V. 1. Amsterdam, 1972.
3. Bloch F. Reminiscences of Niels Bohr.— Phys. Today, 1963, v. 16.
4. Casimir H. B. G. Recollections from the years 1929—1931.— In: Niels Bohr. His life and work as seen by his friends and colleagues. Amsterdam, 1967.
5. Rosenfeld L. Niels Bohr. Biographical sketch.— In: Bohr N. Collected works. V. 1, Amsterdam, 1972.
6. Розенталь С. 40—50-е годы.— В кн.: Нильс Бор. Жизнь и творчество. М.: Наука, 1967.
7. Bloch F. Über die Quantenmechanik der Elektronen in Kristallgittern — Zeitschr. f. Phys., 1928, B. 52.
8. Harrison W. A. Electrons in metals.— Phys. Today, 1969, v. 22.
9. Bloch F. Memories of electrons in crystals.— Proc. Roy. Soc., 1980, v. A 371.
10. Casimir H. B. G. Development of solid — state physics.— In: Proc. Int. School Phys. «Enrico Fermi», Course 57, History of XX-th century physics. N. Y., 1977.
11. Brillouin L. La theorie des electrons dans les metaux; la supraconductibilité.— Rev. gen. de l'électr., 1935, t. 38.
12. Явелов Б. Е. К истории открытия эффекта Мейснера.— В кн.: Тр. XXIV науч. конф. аспирантов и молодых специалистов по истории естествознания и техники. Секция истории физики и механики. М.: Ин-т истории естествознания и техники АН СССР. 1981. (Рукопись депонирована в ВИНТИ 5 апр. 1983 г., № 1750—83 Деп.).
13. Weisskopf V. F. The formation of Cooper Pairs and the nature of superconducting currents.— Contemp. phys., 1981, v. 22.
14. Pauli W. Wissenschaftlicher Briefwechsel mit Bohr, Einstein, Heisenberg a. o. V. 1. N. Y., 1979.
15. Dorfman J. Mechanism of superconductivity.— Nature, 1932, v. 130.
16. Френкель Я. И. Возможное объяснение сверхпроводимости.— ЖЭТФ, 1933, т. 3.
17. Frenkel J. The explanation of superconductivity.— Nature, 1934, v. 133.
18. Robertson P. The early years. The Nils Bohr Institute 1921—1930. Kobenhavn, 1979.
19. Kronig R. The turning point.— In: Theoretical physics in the twentieth century. A memorial volume to Wolfgang Pauli. London, 1960.
20. Kronig R. de L. Zur Theorie der Supraleitfähigkeit.— Zeitschr. f. Phys., 1932, B. 78.
21. Kronig R. de L. Zur Theorie der Supraleitfähigkeit II.— Zeitschr. f. Physik., 1933, B. 80.
22. McLennan J. C. Electric supra-conduction in metals.— Nature, 1932, v. 130, Suppl.
23. Fröhlich H. Superconductivity and lattice vibrations.— Physica, 1953, v. 19.
24. Bardeen J. Advances in superconductivity.— Phys. Today, 1969, v. 22.
25. Bohr N. [Discussion remark.] — Physica, 1953, v. 19.
26. Жен П. де. Сверхпроводимость металлов и сплавов. М.: Мир, 1968.
27. Bloch F. [Discussion remark.] — Physica, 1953, v. 19.
28. Бор Н. Атомы и человеческое познание. 1955.— В кн.: Бор Н. Атомная физика и человеческое познание. М.: Изд-во иностр. лит., 1963.

### N. BOHR AND THE PROBLEM OF SUPERCONDUCTIVITY

B. E. YAVELOV

The article is mainly dedicated to Bohr's unpublished work on the superconductivity, to the phenomenon, which was drawing attention of many of the outstanding physicists of the XX-th century.

## НИЛЬС БОР И НАУКА XX ВЕКА (Симпозиум в Пушино)

В связи со столетним юбилеем Н. Бора Институт истории естествознания и техники АН СССР, Институт атомной энергии им. И. В. Курчатова, Философское общество СССР, Научный центр биологических исследований, Институт биологической физики АН СССР организовали Всесоюзный симпозиум «Нильс Бор и наука XX века», который состоялся 5—7 октября 1985 г. в г. Пушино.

Во время работы симпозиума было проведено 4 пленарных заседания и 6 секционных. В нем приняло участие около 120 ученых, представлявших институты АН СССР и союзных республик, университеты и различные научно-исследовательские организации из 15 городов Советского Союза.

Во вступительном слове Л. С. Полак, отмечая роль Бора в современной науке, подчеркнул, что мышление Бора вовлекает в свою сферу огромные пласты духовных богатств, накопленных человеческой мыслью за многие столетия, тем самым придавая черты единства, целостности всей человеческой культуре.

Три момента творчества Бора, еще недостаточно освещенные, заслуживают пристального внимания:

1. Фундаментальный принцип дополнительности Бора очень часто считают перенесенным в физику из психологии. Это, по крайней мере, недостаточно для объяснения его происхождения, а скорее всего и не совсем верно. Есть основания предполагать, что Бор, который в молодые годы много занимался историей философии, знал о трудах и концепции Николая Кузанского, основой которых был «принцип совмещения противоположностей». Многие высказывания Бора, связанные с принципом дополнительности, буквально совпадают с положениями Кузанского.

2. Введение в ходе обобщения и математической разработки теории Бора переменных «действие — угол» раскрыло путь для разработки топологических концепций и методов в классической механике, существенно повлияв на ее дальнейшее развитие.

3. Бор был убежденным атомистом, но он считал, что одна атомистика недостаточна для построения многогранной картины реального космоса. Нужно еще найти законы возникновения и эволюции всего многообразия природных структур. Отсюда огромный интерес Бора к проблемам биологии, где с исключительной силой зримо проявляется процесс эволюционного созидания новых структур на атомно-молекулярной основе, отсюда его интерес к проблеме «стрелы времени».

И. С. Алексеев в докладе «Творческая биография Нильса Бора» отметил поразительную особенность творческой личности Бора, проявившуюся в том, как упорно в течение многих лет Бор мог рассматривать захватившие его проблемы в разных ракурсах и взаимосвязях с другими проблемами. После создания квантовой механики Бор занялся вопросами ее интерпретации, сформулировав принцип дополнительности, который он пытался распространить и за пределы физики. Характерный для Бора глубокий подход к проблемам, которые ставила перед ним наука и жизнь, проявился в том, что уже во время работы в США над созданием атомной бомбы Бор начинает задумываться над вопросами международного сотрудничества в деле мирного использования атомной энергии, выступает как активный борец за мир. Замечательным, стимулировавшим лучшие человеческие качества и творческую активность, был стиль работы Бора с учениками.

Атмосфера живого захватывающего рассказа возникла на докладе Е. Л. Фейнберга «Нильс Бор в Москве в 1961 г.». Автор зачитал записи своих впечатлений от встреч с Бором, сделанные «по горячим следам» в те же дни, когда он видел Бора и участвовал в беседах с ним. Е. Л. Фейнберг присутствовал на встречах с Бором в

ФИАНе и в Дубне на конференции по слабым взаимодействиям. В его записях воспроизведены рассуждения Бора о принципе дополнительности, о копенгагенской интерпретации квантовой механики, от которой Бор, по его словам, не отступил ни на йоту, о скрытых параметрах в квантовой механике, в существование которых Бор не верил, о его дискуссии с Эйнштейном, все перипетии которой остро волновали его и спустя много лет. Во время бесед с Бором затрагивались также темы, касающиеся его многолетних взаимоотношений с Гейзенбергом, а также его попыток установить контакт с Рузвельтом и Черчиллем для переговоров о мирном использовании ядерной энергии. Е. Л. Фейнберг отметил, что Бор с огромным интересом осматривал экспериментальные установки в лабораториях ИАЭ им. И. В. Курчатова и в Дубне.

В докладе М. А. Ельяшевича «Развитие Бором квантовой теории атома и его спектров и принципа соответствия (работы Бора по атомной физике 1912—1913 гг. и их значение)» были проанализированы истоки основополагающих работ Бора по квантовой теории атома. М. А. Ельяшевич детально разобрал знаменитую статью Бора о теории атома водорода и происхождении спектров, а затем рассмотрел дальнейшее развитие идей Бора, причем особое внимание уделил постулатам Бора о стационарных состояниях и излучательных переходах, а также развитию принципа соответствия. Докладчик специально остановился на вопросе о том, как хорошо Бор понимал трудности модельной теории и как он стремился к глубокому пониманию квантовых явлений. (Доклад М. А. Ельяшевича опубликован в УФН, 1985, т. 147, вып. 2, с. 253—301.)

Важный этап в научной деятельности Бора связан с физикой атомного ядра. Боровской концепции составного ядра и ее влиянию на развитие ядерной физики было посвящено сообщение С. И. Ларина «Разработка Н. Бором концепции составного ядра». Охарактеризовав ситуацию в физике ядра в середине 30-х годов и исходные предпосылки для разработки Бором концепции составного ядра, докладчик остановился на содержании этой концепции и на связанном с ней статистическом описании ядерных процессов, на вопросах о коллективных движениях в ядре, на развитии капельной модели ядра. Идеи Бора оказали глубокое влияние на разработку теории ядерных реакций и моделей ядра и особенно способствовали обращению к коллективным моделям ядра. Это направление оказалось чрезвычайно плодотворным для понимания и построения теории деления ядер. В докладе отмечен вклад советских ученых в развитие ядерных моделей и в теорию деления ядер.

Д. В. Ширков в докладе «Перенормировки в квантовой теории поля и принцип цельности» рассмотрел физическую сущность процедуры перенормировок в квантовой теории поля, ее связь с ренормгруппой и наличием ультрафиолетовых расходимостей. Докладчик показал, что перенормировка является весьма естественной и в отсутствие бесконечностей, а ее главная характеристика, параметр шкалы, обязана своим возникновением квантованию и является иллюстрацией принципа цельности Бора, требующего для полной спецификации квантовой системы задания ее «макроскопического окружения».

Я. А. Смородинский в докладе «Спор, который не кончается. Парадокс Эйнштейна — Подольского — Розена» акцентировал внимание на том, что сейчас интерпретация квантовой механики вновь стала темой большого числа статей. Не оправдалось ожидание, что новое поколение, «не испорченное» классическими традициями, будет воспринимать квантовую механику как вполне естественное описание реального мира. Начало положила статья Эйнштейна, Подольского и Розена о смысле самого понятия реальности в квантовой механике. Невозможность описания квантовой системы локальной классической теорией спровоцировала изящную интерпретацию квантового «парадокса» на языке теории вероятностей, в которой проблема сводится к квантовым корреляциям «независимых» наблюдаемых.

В докладе Б. И. Спасского и А. Б. Московского «Полемика Бора — Эйнштейна и современность» рассматривались проблемы дискуссии между Бором и Эйнштейном, а также полемики, связанной с парадоксом Эйнштейна — Подольского — Розена (ЭПР-парадокса), в которой принимал участие и Бор. В докладе обсуждались современные интерпретации ЭПР-парадокса в связи с теоремой Белла и экспериментальной проверкой неравенства Белла.

Р. Л. Сороченко в докладе «Теория атома Бора и современное исследование спектров высоковозбужденных атомов» рассказал об исследованиях, проведенных в Со-

ветском Союзе в течение последних 25 лет, которые существенно расширили наши знания о структуре атома, основы которых были заложены Бором. В 1964 г. методами радиоастрономии было обнаружено, что в космосе в условиях большого разрежения атомы водорода излучают спектральные линии, обусловленные переходами между соседними высоковозбужденными уровнями с номерами  $n \sim 100$ . Частоты этих линий приходятся на диапазон сантиметровых волн. В последующих наблюдениях в широком диапазоне радиоволн от миллиметровых до декаметровых было зарегистрировано большое количество спектральных линий, излучаемых атомами водорода, гелия и углерода, находящимися на возбужденных уровнях с  $n \sim 50-730$ . Линии высоковозбужденных атомов оказались самыми распространенными в спектре космического излучения. В результате проведенных исследований было установлено, что в условиях космического пространства атом как квантовая система может существовать до ускоренной возбужденности с  $n \sim 1000$ . При этом его размеры в соответствии с теорией Бора составляет 0,1 мм. Причиной, ограничивающей возможность существования еще более высоковозбужденных атомов, является нетепловое радиоизлучение галактики.

В выступлении, подготовленном сотрудниками ИАЭ им. И. В. Курчатова Ю. В. Гапоновым, Т. Ю. Грамматикати, С. К. Ковалевой, Р. В. Кузнецовой и С. В. Рыловым, «Пребывание Нильса Бора в СССР в фотографиях» было использовано около 50 фотографий из Музея И. В. Курчатова при ИАЭ им. И. В. Курчатова и из частных коллекций. Бор трижды посетил Советский Союз: в 1934, 1937 и 1961 гг. В 1961 г. Бор вместе с членами своей семьи провел в СССР более двух недель с 3 по 17 мая. За это время Нильс Бор и его сын Оге Бор, ныне директор Копенгагенского института физики, побывали в ряде физических институтов, встречались с ведущими учеными нашей страны, осматривали экспериментальные установки. По приглашению Э. Л. Андроникашвили Бор с семьей побывал в Тбилиси, в Институте физики АН ГССР, посетил древнюю столицу Грузии Мцхету и совершил поездку в Кахетию. 7 мая Бор присутствовал на празднике физфака МГУ «День Архимеда», участвовал в карнавале, выступил с импровизированной речью и прослушал оперу «Архимед». Во время пребывания Бора в СССР в 1961 г. его сопровождал И. Д. Рожанский. После доклада сотрудников ИАЭ им. И. В. Курчатова был показан фильм, снятый И. Д. Рожанским, о поездках Бора в Загорск и в Алазанскую долину.

В докладе В. Я. Френкеля «Нильс Бор и советские физики (по материалам переписки)» обсуждались контакты Бора с советскими физиками—А. Ф. Иоффе, П. Л. Капицей, Л. Д. Ландау, И. Е. Таммом, В. А. Фоком и Я. И. Френкелем. На основе анализа научной переписки ученых датировались их первые встречи. Особое внимание было справедливо уделено 30-м годам, когда Бор дважды приезжал в СССР, принимая участие в конференциях по теоретической физике, и специально—1936 году, когда Бор предложил модель составного ядра, которая была немедленно развита в работах советских теоретиков.

В выступлении Т. М. Чернощевой «Нильс Бор и ленинградская физическая школа» рассматривались связи Бора с главой ленинградской физической школы А. Ф. Иоффе, а также научные контакты и встречи ленинградских физиков с Бором.

Четвертое пленарное заседание «Нильс Бор и философско-методологические проблемы науки» открыл И. С. Алексеев докладом «Философско-методологическая составляющая творчества Бора». Он отметил, что основной темой, занимавшей Бора как философа и методолога, была тема адекватного описания квантово-механических закономерностей микромира на языке классической физики. Сформулированный Бором «аргумент соответствия» позволял угадывать квантовые формулы на основе классических. В полном объеме проблема адекватного использования классических понятий в квантовой области заключена в концепции дополненности Бора. Согласно этой концепции, для полного отображения целостных квантовых явлений необходимо использовать два взаимно исключающих друг друга «полуклассических» набора понятий для придания определенности существованию микрообъектам. Бор полагал возможным распространить концепцию дополненности за пределы физики.

М. А. Розов в докладе «Принцип дополненности в гуманитарных науках» высказал мысль, что для Бора не существовало предметных границ: идею принципа дополненности он заимствовал из психологии, разработал его в рамках физики, но затем распространял его далеко за пределы физики. Эти его идеи нашли последова-

гелей и в гуманитарных науках (Р. Якобсон, М. М. Бахтин). Докладчик считает, что, используя представление о социальных эстафетах (воспроизведение деятельности по образцам) и факты психолингвистики, можно различать макро- и микромиры в гуманитарных науках, ввести представление о макроприборе и установить качественный изоморфизм ситуаций в квантовой физике и гуманитарном исследовании. В качестве дополнительных описаний при этом, по мнению докладчика, выступают описание механизмов и содержания социальной памяти.

В своем выступлении «Принцип единства знания в научном творчестве Н. Бора» Н. Ф. Овчинников подчеркнул, что в ситуации ломки научных понятий Бор стремился сохранить классические принципы, среди которых особенное значение он придавал единству знания. Принципы соответствия и дополнительности, сформулированные Бором, являются средством обобщения классического описания природы. Бор внес радикальные изменения в сам способ смены научной парадигмы. Способ Галилея, по мнению докладчика, заключается в отбрасывании предшествующего, способ Бора заключается в сохранении предшествующего на основе принципа соответствия и дополнительности. Бор подчеркивал, что гносеологический урок, извлеченный из развития квантовой физики, позволяет подметить общие черты различных форм человеческого знания и тем самым содействовать стремлению к его единству.

В докладе «Проблема соотношения физики и биологии» М. В. Волькенштейн отметил, что на протяжении многих лет Бор трактовал соотношение физики и биологии на основе своей концепции дополнительности, считая дополнительным изучение атомно-молекулярной структуры организма и изучение его как целостной системы. Бор считал, что жизнь не подлежит объяснению в обычном смысле слова, но должна рассматриваться как первичный постулат, подобно кванту действия. Эти взгляды Бора получили широкое распространение и использовались некоторыми физиками и философами как аргументы в борьбе с так называемым редукционизмом. Однако, по мнению докладчика, понятие о редукционизме в современной биологии неконструктивно, и борьба с ним ведет к витализму. В дальнейшем Бор полностью пересмотрел свои взгляды. В статье, опубликованной в УФН (т. 76, вып. 1, с. 21—24, 1962), он говорил уже о практической, а не принципиальной дополнительности физики и биологии, а в посмертной публикации в *Naturwissenschaften* (Bd. 50, № 24, S. 725—727, 1963) вовсе не говорил об этой дополнительности. М. В. Волькенштейн заметил, что об этом также свидетельствует адресованное ему письмо Бора, которое было опубликовано в его книге «Перекрестки науки» (М., Наука, 1972). Изменение взглядов Бора было непосредственно связано с успехами молекулярной биологии.

В докладе, подготовленном М. Б. Зыковым, А. М. Молчановым и Р. В. Смирновым, «Нильс Бор и Эрвин Шредингер», на основе изучения книги Шредингера «*Meine Weltansicht*» сопоставлялись особенности стилей мышления Бора (ключевая тема — дискретность) и Шредингера (континуализм).

Секционные заседания были распределены по трем темам: «Нильс Бор и проблемы современной науки», «Нильс Бор и история физики», «Принцип дополнительности в духовной культуре XX века».

На первой секции в докладе Н. П. Коноплевой «Нильс Бор и современный атомизм» было отмечено, что современный атомизм представляет собой систему нескольких структурных уровней, на каждом из которых имеются свои «атомы» (элементарные единицы): в химии — атомы и молекулы; в ядерной физике — нуклоны, электроны, фотоны и др. элементарные частицы; в физике элементарных частиц — кварки и лептоны; в физике субэлементарных частиц — гипотетические преоны. Сложная внутренняя структура «атомов» каждого уровня сопоставляется с существованием спектров возбуждения состояний этих объектов, обнаруживаемых экспериментально в соответствующем каждому структурному уровню диапазоне энергий. Н. П. Коноплева подчеркнула, что при построении моделей «атомов» каждого следующего структурного уровня остаются справедливыми два постулата Бора (о существовании безызлучательных стационарных орбит и квантовании излучения при переходах между стационарными орбитами) — в этом проявляется единство строения материи, а также важная роль постулатов Бора для современного атомизма.

Созвучным этому выступлению стал доклад Г. М. Иллеса «Единство естествознания по Бору и периодические системы физики, химии и биологии», в котором обраща-

лось внимание на эвристичность высказывания Бора: «Современное положение физики, возможно, лучше всего характеризуется тем, что почти все идеи, которые когда-либо в естествознании показали себя результативными, получили свои права во всеобщей гармонии, не теряя при этом плодотворности». Эту гармонию в химию внесла менделеевская периодическая система химических элементов. По мнению докладчика, единство всего естествознания с его всеобщей гармонией непосредственно проявляется в математически единообразных системах фундаментальных структурных элементов материи на всех последовательных уровнях ее естественной организации — физическом, химическом и биологическом.

И. А. Акчурин в докладе «Топологические обобщения концепции дополнительности» отметил, что топологические обобщения принципа дополнительности распространяются на физические объекты огромной информационной емкости: элементарные частицы и разнообразные когерентные состояния живых систем. В одной из своих последних работ (1985 г.) Дж. А. Уилер показал, что из этого обобщения следует неклассический характер логики, применяемой в физике, а также вытекает возможность обоснования теории калибровочных полей, лежащей в основе современной теоретической физики.

М. Б. Менский в докладе «Эволюция квантовой системы в условиях непрерывного измерения» подчеркнул, что Нильс Бор неоднократно настаивал на необходимости описания квантовой системы в неразрывной связи с производным над ней измерением. Обычный квантово-механический аппарат не позволяет достичь этого единства в полной мере, потому что в нем измерение предполагается мгновенным, а эволюция непрерывной. Докладчик исходил из представления о том, что фейнмановская техника интегрирования по путям позволяет в максимально возможной степени сблизить языки классической и квантовой теорий, так как в ней используется классический образ пути, или траектории. Он показал, как эта техника применяется для описания и расчета непрерывного (длящегося во времени) измерения квантовой системы, как оно влияет на измеряемую систему, переводя чистое квантовое состояние в смешанное, в результате чего возникает необратимость.

В докладе О. В. Кузнецовой и Ю. А. Кухаренко «Процесс измерения в квантовой механике и необратимость» утверждалось, что процесс измерения может быть полностью описан на основе формализма квантовой механики. В ней существуют два типа изменения волновой функции во времени: непрерывный, описываемый уравнением Шредингера, и «скачкообразный», представляющий собой редукцию волнового пакета, возникающую при измерении. Уравнение Шредингера, примененное к системе, состоящей из микрочастицы и макроробота, по мнению авторов, может определить динамику редукции волновой функции и возрастание энтропии при измерении, если выполняется условие непрерывности энергетического спектра всей системы. Необратимость возникает вследствие асимптотического ослабления корреляций на больших интервалах времени.

Прямо противоположную точку зрения высказал В. М. Морозов в выступлении «К дискуссии между Эйнштейном и Бором о сущности квантовой механики». В. М. Морозов трактовал ЭПР-парадокс в том смысле, что квантовая механика неполна, ибо она не содержит кинематических физических величин.

В сообщении Ш. Ю. Ломсадзе и Ю. М. Ломсадзе «Нильс Бор, Альберт Эйнштейн и проблема „физической реальности“» была развита некоторая аксиоматика квантовой теории, которая затем была применена авторами к разрешению основных парадоксов квантовой теории измерения, вызвавших наиболее острые разногласия между Н. Бором и А. Эйнштейном. Авторы полагают, что все эти парадоксы в рамках развитого подхода имеют логически непротиворечивое истолкование.

Н. С. Лебедева и В. М. Морозов в сообщении «Что же пытаются обосновать с помощью ЭПР-экспериментов?» предложили свой вариант решения парадокса ЭПР: упрощение ЭПР-экспериментов путем перехода к измерениям наблюдаемой «импульс» вместо наблюдаемой «проекция спина частицы».

В докладе В. К. Быховского «Бор и развитие квантовых представлений в биологии» предлагалось рассматривать память в биосистемах как квантовое макроскопическое явление, свойственное организму как целому, и связывать ее с наличием квантового вырождения. При этом внешние воздействия — «измерения» — трактуются как снятие вырождения, или заполнение генетической памяти организма, что, по мнению до-

кладчика, приводит к «послойно-хронологической» организации клетки. В этом автор видит естественное обобщение принципа дополнительности на измерения, образующие временную цепочку.

Вторая секция открылась докладом М. А. Ельяшевича и Т. С. Протьюко «Электронная теория металлов в работах Лоренца и Бора». Этой теме были посвящены магистерская и докторская диссертации Бора, в основу которых Бор положил анализ электронной теории металлов Лоренца. Заостряя внимание на скрытых противоречиях теории Лоренца, Бор сделал вывод о невозможности применения электронной теории для описания свойств металлов.

Темой выступления Б. М. Болотовского стали «Работы Бора по прохождению заряженных частиц через вещество». К этому вопросу Бор не раз возвращался, решая его чисто классически. Считая потери энергии при упругом рассеянии, Бор полагал, что заряженная частица, пролетая мимо неподвижной, «толкает» ее через кулоновское взаимодействие. В 1948 г. в книге «Прохождение атомных частиц через вещество» Бор воспроизвел свои расчеты 1913 года и с помощью принципа дополнительности определил пределы применимости принятой им физической картины. В 50-х гг. Ферми в книге «Ядерная физика» приводит задачу о потере энергии заряженной частицей при прохождении через вещество и дает ее решение, в точности воспроизводящее классические расчеты Бора.

В сообщении «Бор и критерий применимости классической механики к описанию кулоновского рассеяния заряженных частиц ядром» Н. И. Тарантин рассказал о результатах использования критерия применимости классического описания траектории рассеиваемой заряженной частицы в кулоновском поле ядра ( $\chi = b/\lambda \gg 1$ ), полученного в упомянутой работе Бора («Прохождение атомных частиц через вещество»), который автор распространил на большие углы рассеяния, важные для ряда задач современной физики.

Б. Е. Явелов в выступлении «Бор и проблема сверхпроводимости» обратил внимание на тот малоизвестный факт, что Бор через всю жизнь пронес глубокий интерес к проблеме физической интерпретации сверхпроводимости. Автор изложил содержание неопубликованной заметки Бора 1932 г. «К вопросу о сверхпроводимости» и его дискуссионного выступления на международной конференции в Лейдене в 1953 г., отметив, что эти попытки Бора, хотя и не внесли существенного вклада в эту область, но являются, тем не менее, примечательным штрихом, дополняющим творческий облик великого физика.

В докладе «Н. Бор и А. Ван ден Брук» Ю. И. Лисневский говорил об отсутствии каких бы то ни было документальных свидетельств в пользу утверждения, что именно Бор интерпретировал порядковый номер в периодической системе как заряд атомного ядра. Переписка Бора 1912—1914 гг. подтверждает тот факт, что его беседы с Резерфордом и Хевеши по проблемам отождествления порядкового номера и заряда ядра, закона радиоактивных смещений и принципа изотопии состоялись в апреле—мае 1912 г., но никак не были зафиксированы документально. Докладчик полагает, что открытие порядкового номера как заряда ядра было сделано Ван ден Бруком в 1911—1913 гг.

В. П. Визгин в докладе «Н. Бор о взаимосвязи физики и математики» показал, что несмотря на то, что Бор не был приверженцем «математического направления» в физике (напротив, он был выдающимся мастером «физического осмысления»), он немало размышлял о взаимодействии физики и математики и высказал в связи с этим весьма глубокие соображения. Бор отмечал, что уже со времен античности физика и математика стимулировали друг друга в своем развитии, что в современной неклассической науке роль математики в физике сильно возросла и математическая разработка теорий зачастую стала опережать их физическое истолкование. Он также хорошо понимал феномен «непостижимой эффективности математики» (Вигнер) в физике. Наиболее непосредственно с его методологическими взглядами было связано понимание математики как такого обобщения естественного языка, которое позволяет достичь однозначности, объективности и непротиворечивости теоретического описания физических явлений.

В докладе «Периодическая система элементов Д. И. Менделеева в трудах Бора» Г. Н. Чимакадзе отметил, что применяя квантовые числа к электронам, находящимся в поле ядра, и сопоставляя введенное им представление о замкнутых электронных об-

лочках с периодами менделеевской таблицы, Бор установил принципы физической интерпретации периодической системы. Однако, ее полное физическое обоснование боровская теория сумела дать лишь с созданием квантовой механики. Автор подчеркнул, что физическое обоснование периодичности коренится в атомной физике и квантовой механике, тогда как при разработке этих теорий сам феноменологический периодический закон являлся, по словам Бора, «путеводной нитью».

В выступлении А. Б. Кожевникова «Н. Бор и П. Дирак: квантование электромагнитного поля» были приведены аргументы в пользу того, что Бор обратил внимание Дирака на идеи П. Йордана, проквантовавшего излучение. Дирак развил метод квантования электромагнитного поля, в котором Фурье-компоненты поля рассматривались как квантовый гармонический осциллятор, тем самым он заложил основы квантовой электродинамики.

В докладе «Судьба гипотезы Бора о несохранении энергии» Г. Е. Горелик справедливо подчеркнул, что изучение ошибок выдающихся исследователей не менее поучительно и важно, чем анализ их достижений. Истоки гипотезы о несохранении энергии связаны с попытками примирения классического и квантовомеханического описания света, в частности с известной работой Бора — Крамерса — Слэтера. В начале 30-х гг. Бор возродил эту гипотезу, пытаясь теоретически описать  $\beta$ -распад ядер. В СССР наиболее активными приверженцами боровской гипотезы несохранения энергии в квантово-релятивистском микромире были Л. Д. Ландау, Г. А. Гамов, М. Л. Бронштейн. Докладчик рассказал и о третьем этапе сомнений в справедливости закона сохранения, связанном с опытами Шенклянда по комптоновскому рассеянию в  $\gamma$ -области (1936), который завершился признанием ошибочности этой гипотезы Бора.

В сообщении Б. Г. Гаспаряна «Бор, законы сохранения энергии — импульса и опыты А. И. Алиханова» обсуждалась ситуация в ядерной физике, на фоне которой была выполнена работа А. И. Алиханова, Л. А. Арцимовича и А. И. Алиханьяна по доказательству справедливости закона сохранения энергии — импульса при аннигиляции электронно-позитронной пары (1936 г.). При этом особое внимание было обращено на работу Р. Шенклянда, результаты которой якобы опровергали закон сохранения энергии — импульса в эффекте Комптона. Докладчик рассказал о дискуссии по поводу экспериментов Шенклянда, в которой приняли участие Дирак, Пайерлс, Вильямс и др.

На третьей секции «Принцип дополнительности в духовной культуре XX в.» обсуждались философские и методологические аспекты принципа дополнительности Бора, а также вопросы его распространения за пределы физики.

В докладе К. Х. Делокарова «Философия и дискуссия между Эйнштейном и Бором по методологии науки» были рассмотрены методологические основания спора Эйнштейна и Бора по проблемам квантовой механики. Докладчик не согласился с теми авторами (И. С. Алексеев), которые характеризуют философскую позицию Эйнштейна в отношении квантовой механики как выражение точки зрения домарковского материализма, а Бора — диалектического материализма. Проанализировав отдельные моменты дискуссии Бора и Эйнштейна, докладчик отметил, что Эйнштейн был не против квантовой механики, а против того, чтобы рассматривать квантовую механику в ее копенгагенской интерпретации как основание физического знания.

Близкие вопросы рассматривались в выступлении С. Н. Жарова «Бор и проблема объективности квантово-механического описания». Он отметил, что, по его мнению, фундаментальные понятия квантовой теории содержат избыточную информацию, которая в принципе не может быть спроецирована на квантовую реальность, однако логически необходима для теоретического отражения ее законов.

В выступлении «Вклад Бора в формирование стиля мышления в естествознании XX века» И. Б. Новик охарактеризовал те черты стиля мышления Бора, которые, как он полагает, будут сохранены в будущей науке XXI века: антиантиномизм, синтетичность познания, ненаглядность, языковой аспект.

В ряде следующих докладов обсуждалась возможность распространения принципа дополнительности Бора за пределы физики и вообще естествознания. В докладе А. И. Умова и Г. А. Поликарпова «Принцип дополнительности в общей теории систем» была сделана попытка найти основы для формализации принципа дополнительности, что и позволило бы, по мнению авторов, корректно использовать этот принцип в разных далеких от физики областях. Адекватным формальным аппаратом для этого

авторам представляется язык параметрической общей теории систем — язык тернарного описания.

В. П. Хютт в своем выступлении «Дополнительность и полифония (художественный метод Ф. Достоевского и методология Н. Бора)» высказал мысль, что полифония характеров героев Достоевского (термин Бахтина), дополняющих друг друга и в ансамбле выражающих идею Достоевского, допускает сопоставление с принципом дополнительности Бора.

В. А. Бажанов в сообщении «Принцип дополнительности Бора в аспекте интервальной семантики» обсуждал вопрос о том, что анализ абстрагирующей деятельности (с точки зрения так называемой интервальной семантики) естественным образом приводит к ситуациям, которые описываются принципом дополнительности Бора.

В. М. Свириденко в выступлении на тему «Дополнительность и инструментализм (по поводу попперовской критики концепции Бора)» не согласился с утверждением Поппера о тождестве принципа дополнительности с концепцией инструментализма. По мысли докладчика, концепция дополнительности в своеобразной форме выражает диалектику мышления современного естествознания, не совместимую с позитивистскими и постпозитивистскими стереотипами методологической рефлексии.

В прениях по докладам выступили Л. Я. Станис («Философский лейтмотив в развитии физики»), Б. Ф. Каримов («Взаимосвязь принципа „оборачивания метода“ К. Маркса и принципа дополнительности Н. Бора»), С. Г. Калиберда, В. Д. Арманд, А. Г. Егоров и др.

В заключение хотелось бы отметить высокий научный уровень большинства докладов. Докладчики рассказывали о новейших исследованиях в физике элементарных частиц, в квантовой механике, в астрофизике, в биологических и гуманитарных науках. Широкий диапазон научной деятельности Бора, его универсализм, культурный контекст его мышления отразились в том, что на симпозиуме нашли общий язык профессионалы в разных областях — физики, биологи, философы, историки и методологи науки, культурологи, социологи. Постоянно завязывались дискуссии и острые споры, носившие деловой и одновременно демократический характер. Благодаря демонстрации документальных фильмов о Боре, фотографий, чтению дневниковых записей и воспоминаниям многих людей, видевших Бора, беседовавших с ним, создавалось впечатление как бы непосредственного соприкосновения с великим человеком. В один из вечеров участникам симпозиума была показана опера «Архимед», которую видел Бор в 1961 г. на весеннем празднике физического факультета МГУ. В красочном представлении выступили и участники первой постановки «Архимеда».

*А. Т. Григорьян, О. В. Кузнецова*

## СЕМИНАР ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКЕ

Б. М. БОЛОТОВСКИЙ

В ФИАНе состоялось тысячное заседание Общественного семинара по теоретической физике. Этот семинар был создан в 1956 г., и с тех пор уже почти 30 лет участники его еженедельно собираются, чтобы знакомиться с новостями, обсуждать проблемы, стоящие перед физикой, возможные пути их решения. Организатор и бессменный руководитель семинара в течение всех этих лет — акад. Виталий Лазаревич Гинзбург.

Современная наука не может развиваться без общения ученых. Но в прошлом, XIX в., личное общение исследователей играло сравнительно скромную роль в развитии науки. Международные конференции, например по физике, почти не проводились; в ряде стран собирались ежегодные съезды физиков, тематика этих съездов была, как правило, универсальной, т. е. докладывались работы по всем разделам физической науки. Крупный физик прошлого был кабинетным ученым, который творил в уединении, и его контакты с коллегами составляли малую часть его научной активности. Пожалуй, последним представителем великих ученых-одиночек был Альберт Эйнштейн; известно его высказывание о том, что лучшие условия для научных занятий дает место смотрителя маяка.

Общение физиков в прошлом веке осуществлялось в основном двумя способами: либо публикацией полученных результатов в физическом журнале (число таких журналов было невелико, и за ними легко было следить), либо путем переписки.

Статью в физическом журнале могли прочесть многие, эта статья могла получить развитие в работах других физиков и в последующих статьях. Но при таком общении темпы развития были очень медленными. Прямой обмен письмами между двумя учеными был нередко очень полезен для этих двух ученых, но обсуждение, проводимое в письмах, оставалось неизвестным научному сообществу.

XX век коренным образом изменил многое не только в науке, но и в жизни физиков. Революционным изменениям, в частности, подверглись и формы научного общения. За последние несколько десятилетий неизмеримо возросло число научных журналов. Прочитывать их все одному человеку стало уже физически невозможно. Появилась специальная форма научной информации — реферативные журналы. Эти журналы регулярно выходят и содержат краткое изложение (рефераты) подавляющего большинства работ, опубликованных в мировой периодике по многим областям знания. Но при этом, например, издающийся в нашей стране реферативный журнал «Физика», хотя и содержит очень краткие рефераты статей из всех или почти всех физических журналов мира, имеет столь большой объем, что и с его помощью не так легко ознакомиться, хотя бы в общих чертах, с содержанием физических журналов. Поэтому ученый, как правило, не ставит перед собой задачи следить за всей научной информацией. Главное — это найти в потоке научной информации то немногое, что является для него существенным.

Неизмеримо возросло число научных съездов и конференций, внутренних и международных, причем все такие собрания уже, как правило, не являются универсальными по тематике. Они посвящены какой-нибудь одной и притом довольно узкой проблеме. Участие в съездах и конференциях очень важно для физика. Он имеет возможность ознакомить широкую аудиторию со своей работой, ответить на возникающие у слушателей вопросы и возражения, выслушать полезное обсуждение. Он также знакомится с докладами других ученых, принимает участие в обсуждении их работ. Очень важно,