

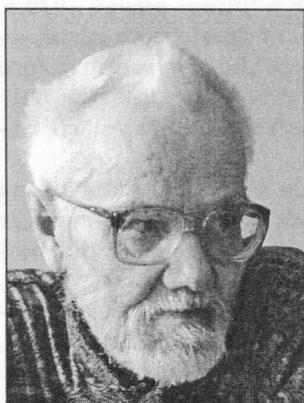


# ВЕРНЕР ГЕЙЗЕНБЕРГ:

## философия науки в контексте исторической судьбы ученого

### Часть I

*Н. Ф. ОВЧИННИКОВ*



Вернер Гейзенберг (1901–1976) – выдающийся немецкий ученый, физик-теоретик, ученик Нильса Бора, один из основателей квантовой механики, лауреат Нобелевской премии, предложивший матричную механику – первый вариант квантовой теории. В 1927 г. сформулировал соотношение неопределенностей, в котором выражается особая взаимосвязь фундаментальных свойств микрообъектов – импульса и координаты, энергии и времени. Его исследования внесли существенный вклад в проблему ядерных сил, связывающих частицы в устойчивые системы. В последние годы своей жизни Гейзенберг стремился построить общую теорию элементарных частиц.

### 1. ПЕРВАЯ ВСТРЕЧА С ВЫДАЮЩИМСЯ ФИЗИКОМ

Это случилось в конце 1952 г. Разумеется, я имею в виду встречу с научными и философскими идеями Гейзенберга, представленными в его статьях и книгах. Тогда я только что защитил кандидатскую диссертацию и был зачислен сотрудником Института философии



АН СССР в сектор «Философия естествознания». На стенде новых поступлений в библиотеке Института я увидел книгу «Werner Heisenberg. Philosophical Problems of Nuclear Science», изданную в Нью-Йорке в 1952 г. В то время такого рода книги были редкостью. Мое внимание к философской книге знаменитого немецкого физика было вполне объяснимо – меня интересовали тогда основные понятия классических и современных физических теорий, и в книге Гейзенберга я надеялся найти анализ фундаментальных научных принципов. С энергией молодых лет я стал переводить ее для себя.

Позднее, по прошествии лет, я узнал о других книгах Гейзенберга, переведенных на русский язык. А недавно К. А. Томилин опубликовал полный список переводов книг и статей немецкого физика с указанием выходных данных его трудов<sup>1</sup>. В списке – десять книг (монографии и сборники). Из этого списка упомяну некоторые, содержание которых так или иначе связано с книгой 1952 г.

Еще до войны, в 1932 г., вышел перевод книги «Физические принципы квантовой теории», которая была написана на основе лекций, прочитанных Гейзенбергом в Университете в Чикаго весной 1929 г. В предисловии автор отмечает: «Цель книги покажется мне достигнутой, если она несколько будет способствовать распространению того «копенгагенского духа квантовой теории» (если я могу так выразиться), который дал направление всему развитию новой атомной физики»<sup>2</sup>.

Вскоре после войны, в 1947 г., появился перевод книги «Физика атомного ядра». Книга эта состоит из восьми докладов, прочитанных Гейзенбергом весной 1942 г. в Высшей Технической школе Шарлоттенбурга. Автор начинает с описания истории атомного учения. В частности, он пишет: «Представление об атомном строении материи, т. е. допущение о существовании мельчайших неделимых частиц, из которых составлена материя, исходит уже от античной философии. Два с половиной тысячи лет назад на это осмелились греческие мыслители. Кто хочет понять современную атомную теорию, тому следует обратить внимание на историю атомизма»<sup>3</sup>.

Среди работ, указанных в списке К. А. Томина, отмечу еще сборник статей «Шаги за горизонт»<sup>4</sup>, в издании которого мне пришлось участвовать в качестве редактора книги и автора вступительной статьи.

И еще для меня особенно интересна книга «Физика и философия. Часть и целое»<sup>5</sup>. Здесь, в частности, привлекает внимание статья

<sup>1</sup> См.: Исследования по истории физики и механики 2002. М., 2003. С. 234–241.

<sup>2</sup> Гейзенберг В. Физические принципы квантовой теории. Л.-М., 1932. С. 8.

<sup>3</sup> Гейзенберг В. Физика атомного ядра. М.-Л., 1947. С. 7.

<sup>4</sup> См.: Гейзенберг В. Шаги за горизонт. М., 1987.

<sup>5</sup> См.: Гейзенберг В. Физика и философия. Часть и целое. М., 1989.



А. В. Ахутина, который провел основательный анализ философских воззрений Гейзенберга.

Что касается книги «Werner Heisenberg. Philosophical Problems of Nuclear Science», над переводом которой я старательно и торопливо, как помнится, работал, то она впервые вышла в русском переводе в 1953 г. и теперь представлена в ряду тех работ выдающегося физика, которые удивляют многообразием поставленных в ней проблем развивающейся науки и ее истории. Особенно поразила меня тогда речь Гейзенберга, произнесенная перед студентами Геттингенского университета 13 июля 1946 г., которую он озаглавил «Наука как средство взаимного понимания народов».

Заметим, что ко времени речи Гейзенберга в Геттингене прошел всего год, как закончилась жестокая война, которая со стороны Германии велась под лозунгами национал-социализма. Естественно было бы допустить, что выдающийся физик, работая во время войны в научном институте родной страны, разделял господствующую националистическую идеологию. Но тогда странными могут показаться обращенные к студентам слова об интернациональной значимости научных исследований, полностью противоречащие националистическим идеям, в атмосфере которых он жил и работал.

Я с удивлением вчитывался в речь Гейзенберга, в которой с особенной теплотой говорилось о влиянии на него личности Нильса Бора. Он подчеркивал, что общение с датским физиком привело к пониманию того, что «если кто-либо пытается выяснить строение атома, то совершенно безразлично, кто он – немец, датчанин или англичанин. Я усвоил также и нечто, быть может, еще более важное: в науке всегда можно, в конце концов, решить, что правильно и что ложно; она имеет дело не с верой, мировоззрением или гипотезой, но, в конечном счете, с теми или иными определенными утверждениями, из которых одни правильны, другие неправильны, причем вопрос о том, что правильно и что неправильно, решают не вера, не происхождение, не расовая принадлежность, а сама природа или, если хотите, бог, но, во всяком случае, не люди»<sup>6</sup>.

Сказанное Гейзенбергом невольно вызывает в памяти послевоенные годы, идейный настрой тех лет, который пришлось пережить, как я ныне оцениваю, не без потерь и сожалений об упущенном времени. Я вспоминаю, что в нашей стране мы испытывали смятение мысли – иногда то, что приходилось читать, оказывалось лишь повторением идеологических штампов, по сути своей иррациональных. Затверженные в однообразном потоке философской литературы, эти штампы казались истинными высказываниями только потому, что они принадлежали нашим авторитетам – политическим или научным. Я был погружен в своеобразный националистический угар, с особенной на-

<sup>6</sup> Гейзенберг В. Философские проблемы атомной физики. М., 1953. С. 125.



стойчивостью распространявшийся властями. Разумеется, это происходило в облики привычных для нас идеологических фразеологизмов. Вспоминаю, как однажды преисполненный молодого задора я придумал явно сатирическое утверждение, сочиненное в броском ортодоксальном стиле. Оно было помещено в текст статьи, но, увы, оказалось принятым всерьез.

Конечно, само по себе обращение к идеям отечественных мыслителей было плодотворным, оно позволяло более объемно понимать исторический процесс роста научной мысли. Но, к сожалению, находясь под прессом властной идеологии, оно давало деформированную картину развития теоретической мысли, что приводило иногда к парадоксальным ситуациям – непримиримые противоположности, доведенные до предела, оказывались в своем существовании тождественными, различие было лишь словесным. В конечном счете все определялось принадлежностью к своей расе или нации. Утверждение Гейзенберга о науке как средстве взаимного понимания народов явно расходилось с тем, что можно было услышать тогда на семинарах или прочитать в советских философских публикациях. Я не всегда замечал, что официально принятое поразительно напоминало националистические идеи, которые явно расходились с рассуждениями Гейзенберга о феномене науки.

Осмысливая происходившее, я могу сказать, что ничто не проходит бесследно – военная победа, победа силой оружия, принесла нам идеологическое поражение. И с этим фактом ничего не поделаешь – это закон исторической значимости: военная победа компенсируется со стороны побежденных их идеологическим воздействием на победителей. Своеобразие этого закона заключается в том, что в обыденном сознании его действие не замечается, и потому подвиг победителей, которые боролись за правое дело, остается в благодарной памяти людей. Действие закона компенсации сказывается в основном на последующих поколениях. Можно только осознавать неизбежность этого закона и тем самым подниматься над ним. Приходится всматриваться в прошедшее и думать – так всегда было в человеческой истории. Христианство, возникшее в поверженных провинциях Римской империи, воздействовало на победителей и к IV в. идеологически покорило Рим. Император Константин был вынужден принять новую религию. Но надо сказать, что порою (как это было в XX в.) не только высокая, но и мрачная идеология побежденных захватывает умы победителей.

Только осмысление исторических процессов может помочь преодолению парадоксов, возникающих в сфере идей. Теоретическое изучение текущих событий, в особенности в области развивающейся мысли, а не слепое эмпирическое следование их потоку, может поднять нас в область рационального.

А тогда я с большим удивлением вчитывался в текст геттингенской речи Гейзенберга. Она способствовала моему освобождению от вседневного идеологического воздействия. Это ведь только ныне ска-



занное Гейзенбергом в 1946 г. кажется очевидностью. А тогда в сознании, охваченном националистической идеологией (в какой бы стране это ни происходило), сказанное представлялось неожиданным явлением освобождающейся мысли. Развертывающиеся передо мною идеи Гейзенберга вызвали определенные трудности перевода. Я постоянно сомневался, верно ли понимаю английский язык немецкого физика. Ныне, как я уже заметил, процитированные выше мысли Гейзенберга представляются очевидными. Но если еще раз допустить, что во время войны он так или иначе разделял националистическую идеологию в том ее виде, в каком она была характерна для национал-социализма, то невольно возникает вопрос: что же – выдающийся физик, как только закончилась война, вдруг радикально изменил собственное мировоззрение? К моему удивлению, некоторые историки науки именно так оценили эволюцию его идей. В этом смысле книга Гейзенберга «Werner Heisenberg. Philosophical Problems of Nuclear Science» оказалась открытием новых для меня проблем. Вскоре я узнал об издании этой книги на немецком языке, сверка с которой была проведена уже после того, как рукопись перевода с английского попала в издательство.

Работа над переводом книги поглощала все мое время, и захваченный ее содержанием я рассказал о ней Ивану Васильевичу Кузнецову, который в те годы заведовал сектором «Философия естествознания» в Институте философии АН СССР. Кузнецов оценил значимость книги Гейзенберга и предложил мне как можно скорее закончить работу над переводом с тем, чтобы опубликовать его в московском издательстве «Иностранная литература». Иван Васильевич написал предисловие к русскому переводу и рекомендовал его к изданию.

Спустя столетия, в 2004 г. вышло второе стереотипное издание перевода этой книги Гейзенберга<sup>7</sup>. По обоюдному согласию с издательством «Эдиториал УРСС» мы ничего не изменили во вступительной статье к этой книге, автором которой был И. В. Кузнецов, – она, как легко понять, выражает идеологию послевоенных лет и может служить историческим документом эпохи. Нет необходимости что-либо исправлять в аргументации и оценках, типичных для того времени. За прошедшие десятилетия радикально изменилось понимание исторических событий и повседневных человеческих деяний. Современный читатель может составить собственное суждение относительно всего, что было высказано по поводу философских взглядов Гейзенберга полвека тому назад, равно как и оценить идеи выдающегося физика XX в.

Обращаясь к книге Гейзенберга «Werner Heisenberg. Philosophical Problems of Nuclear Science», я хотел бы охарактеризовать личность

<sup>7</sup> См.: Гейзенберг В. Философские проблемы атомной физики / Предисловие ко 2-му изд. Н. Ф. Овчинникова. Вступ. статья И. В. Кузнецова. Изд. 2-е. М., 2004.



автора, его судьбу, осмыслить факты его жизни, проходившей в условиях тоталитарного режима. Я подчеркну лишь некоторые мысли выдающегося физика, которые мне представляются весьма существенными при оценке его воззрений. Особенное внимание я обратил бы на тот очевидный факт, что книга вышла в русском переводе именно в 1953 г. В марте того года скончался Сталин. Ироничный Окуджава в одной из своих песен образно выразил многозначность случившегося: «Умирает мартовский снег/ Мы устроим ему веселые похороны», и строчками далее: «Умирает мартовский снег/ Мы ему воздадим генеральские почести». Генеральная линия распалась на кусочки, и все смешалось тогда в нашем доме.

Я хотел бы подчеркнуть, что к работе над изданием книги был причастен автор предисловия И. В. Кузнецов, авторитет которого и определил возможность ее выхода в свет. Издание книги философского характера на русском языке западного «физика-идеалиста» именно в 1953 г. неожиданно оказалось для нас знаком больших перемен. Хотя книга вышла под грифом «Для научных библиотек», что указывало на ограниченный доступ к ней читателей, тем не менее, встреча с книгой, с ее идеями не столько научного, сколько философского характера привлекла внимание к личности Гейзенберга, к его непростой судьбе.

## 2. Истоки призвания

В. Гейзенберг

Вспоминая о юности, о тех годах, когда складывались его интересы и жизненные устремления, Гейзенберг говорит о трудно преодолимом разрыве между двумя культурами – гуманитарно-художественной и научно-технической. Его жизнь, опыт научного творчества приводят к пониманию простой истины – «науку делают люди». В личном переживании и внутреннем принятии этой истины заложена возможность преодоления разрыва культур. Жизнь выдающегося физика – образец такого преодоления. Он рано осознает, что хотя для ученых важны наблюдения и эксперименты, тем не менее, научные идеи вырастают на почве общения людей. А общение непреднамеренно ведет нас в широкую область личных переживаний, часто окрашенных художественными образами.

Обсуждая истоки научных достижений, мы обнаруживаем, что искомый смысл наблюдаемого раскрывается в беседах, иногда страстных, позволяющих научной мысли проникать в потаенное. Обсуждая в своей автобиографии процесс рождения научных идей, Гейзенберг писал: «Здесь-то и можно всего лучше понять, как сотрудничество очень разных людей способно в конечном счете привести к научным достижениям огромного значения»<sup>8</sup>.

Для нас важно понять – как именно происходили встречи-общения ученого. Прежде чем мы обратимся ко времени его зрелого

<sup>8</sup> Гейзенберг В. Физика и философия. Часть и целое. С. 135.



сотрудничества, посмотрим, как формировались его жизненные воззрения под влиянием близких ему людей. Отец Вернера, профессор Мюнхенского университета Август Гейзенберг, был специалистом по византийской культуре и новогреческим языкам. Первым условием творческой мысли для сына стало домашнее музыкальное образование. Оно вело в высокую сферу различных форм интеллектуальной жизни.

Но время поисков профессионального призвания оказалось для Вернера нелегким во многих отношениях. После экзамена на аттестат зрелости он тяжело заболел и в долгие дни болезни, а затем и нескорого выздоровления, как он сам пишет, «оставался наедине со своими книгами». Надо думать, что погружение в мир книг определило направленность его интереса – он решается изучать математику. Опустим подробности внешних влияний на его поиски призвания и скажем, что волею непредсказуемых событий он становится учеником знаменитого Зоммерфельда, который преподавал тогда в Мюнхенском университете теоретическую физику. Замечу, что такому счастливому повороту в его жизни способствовал и отец. Теоретическая физика требует математических знаний, и потому обращение к физике с ее особенным математическим языком не противоречило устремлениям юноши.

Однако увлечение музыкой осталось у Вернера на всю жизнь. Он часто бывал у своего друга Вальтера, виолончелиста, и музицировал на прекрасном рояле. Мама друга, слушая его игру, однажды сказала ему: «От Вашей игры и от характера Ваших рассуждений о музыке у меня сложилось впечатление, что искусство ближе Вашему сердцу»<sup>9</sup>. Она по-своему пыталась убедить Вернера в том, что путь, по которому идет мир, в конечном счете определяется тем, что выбирает новое поколение. (Но замечу при этом, что сам выбор пути новым поколением, а значит и развитие мира, непредсказуемы. Новое поколение, выбирая свой путь, не знает заранее определенного направления мысли и действия.) Что бы ни говорили, Гейзенберг склоняется к профессиональному занятию теоретической физикой. Возможно, в таком выборе все же сказался общий настрой времени.

Мир музыки оставался настолько органичным для его личности, что не выделялся им самим как особенная сфера его жизни. Хотя у тех, кто его близко знал, не было сомнения, что музыка была той областью жизни, которая составляла внутренний стимул его теоретической мысли. Другой стимул проистекал из мира дружеского общения в годы студенчества. Молодая мысль все настойчивее обращалась к проблемам атомной физики. Еще раз подчеркнем, что такое направление интересов в сочетании с теоретическими устремлениями определялось общим интеллектуальным настроением эпохи. После первой мировой войны именно атомная физика приобрела особенное влияние

<sup>9</sup> Там же. С. 152.



на умы молодых людей. В этой области знания открылось так много неожиданного и неопределенного, что наряду с физикой пространства и времени физика атома привлекала своей загадочностью как учеников, так и учителей.

Регулярный семинар Зоммерфельда отвечал потребностям ситуации и, вместе с тем, способствовал углубленному интересу к таким проблемам. Здесь же, на этом семинаре Гейзенберг познакомился с Вольфгангом Паули (1900–1958), ставшим его другом и постоянным критиком. Ему необычайно повезло – с таким другом жизнь приобретала особенный смысл. Это та редкостная роскошь дружеского общения, которая стимулирует и поднимает мысль. В самом начале дружбы им было о чем поговорить – теория относительности и новая теория атома волновала обоих. Особенно привлекала атомная теория, которая своими загадками призывала к творчеству.

Новый друг Вольфганг был всего на год старше, но его эрудиция и критическая мысль были высоким стимулом в научных поисках. Еще в 1921 г. Паули обратил внимание своего друга на то, что датчанину Нильсу Бору удалось связать удивительную устойчивость атомов с квантовой гипотезой Планка. Склонный к критическому взгляду на любые теоретические идеи Паули, вместе с тем, заметил, что сама по себе идея Планка еще никем не разъяснена<sup>10</sup>.

### 3. ВЫСОКИЙ ПРИМЕР УЧИТЕЛЕЙ

Зоммерфельд внимательно следил за развитием своих учеников, поддерживая их устремления к новым идеям, пытаясь включить молодые умы в живой процесс горячих обсуждений волнующих проблем.

В начале лета 1922 г. Нильс Бор был приглашен в Геттинген для прочтения лекций о своей теории атома. Зоммерфельд понимал, что его ученикам будет полезно послушать выдающегося физика. Он спросил Гейзенберга, не хочет ли тот лично познакомиться с Бором. Вспоминая удивившее его приглашение, Гейзенберг замечает, что в те времена поездка в Геттинген из Мюнхена представляла для него неразрешимую финансовую проблему. Надо думать, что Зоммерфельд понимал это затруднение ученика и, приглашая его в Геттинген, сразу же заметил, что расходы, связанные с поездкой, берет на себя. Другие участники семинара, по-видимому, не нуждались в такой опеке.

Вспоминая лекции в Геттингене, названные позднее «Фестивалем Бора», Гейзенберг писал: «Бор говорил довольно тихим голосом, с мягким датским акцентом, и когда он разъяснял отдельные положения своей теории, то выбирал слова осторожно, гораздо осмотрительнее, чем мы привыкли слышать от Зоммерфельда, и почти за каждым тщательно сформулированным предложением угадывались длительные мыслительные ряды, лишь начала которых высказывались, а концы

<sup>10</sup> См.: Там же. С. 159.



терялись в полумраке чрезвычайно волновавшей меня философской позиции. Содержание лекции казалось новым и вместе с тем не новым. У Зоммерфельда мы изучили теорию Бора и потому знали, о чем идет речь. Но все слова в устах Бора звучали иначе, чем у Зоммерфельда. Непосредственно ощущалось, что свои результаты Бор получает не путем вычислений и доказательств, а путем интуиции и догадок, что теперь ему было нелегко защищать их перед геттингенцами с их высокой математической выучкой»<sup>11</sup>.

В этом воспоминании Гейзенберг удивительно точно рисует портрет великого датчанина. А он, молодой студент, решается в ходе лекции Бора сделать критическое замечание по поводу исследований нидерландского физика-теоретика Х. Крамерса в области изучения спектральных явлений. Бор сослался на Крамерса в подтверждение своих рассуждений, указывая, что хотя принципы теории еще неясны, однако можно положиться на то, что теоретические результаты Крамерса правильны и позднее будут подтверждены экспериментами. Именно на эти слова Бора возразил молодой студент, заметив, что работы Крамерса несостоятельны. Конечно, на эту реплику надо было решиться. Ибо внешне происшедшее могло выглядеть как дерзость, если не упомянуть, что за такой решимостью Гейзенберга скрывалась основательная предварительная работа – он еще до лекций Бора тщательно проанализировал работы Крамерса, относящиеся к проблеме, и докладывал результаты своего анализа на семинаре Зоммерфельда. Бор почувствовал, что за репликой молодого человека стоят основательные занятия по проблемам его теории. Вспоминая значащие для него события, Гейзенберг подробно описывает происшедшее, и такое описание позволяет воссоздать атмосферу творческого общения выдающегося ученого и студента, начинающего свой непростой путь в науке.

После лекции Бор подошел к Гейзенбергу и спросил, не может ли он во второй половине дня прогуляться с ним и обсудить возникшие вопросы. Вернувшись к предмету утренней дискуссии, Бор во время прогулки пояснил, что необходимо весьма осмотрительно относиться ко всем утверждениям о строении атома. Он кратко рассказал ему об исходных принципах новой теории атома. Часто говорят, что атом представляет собой планетную систему в миниатюре, и полагают, что к атому можно применять законы классической астрономии. Такое понимание атомного строения Бор решительно отвергает. И хотя известно, что картина планетарного строения атома вполне разделялась Резерфордом, тем не менее, опираясь на эту картину непрерывного движения внутриатомных частиц, невозможно было понять внутриатомный мир. Главная исходная мысль, иначе говоря, основной принцип построения новой атомной теории, настаивал Бор, заключается в факте устойчивости материи. С точки зрения классической физики

<sup>11</sup> Там же. С. 169.



этот факт не получает объяснения и представляется подлинным чудом.

Можно сказать еще и так – классическая физика стремилась объяснить движение тел или частиц, из которых состоят тела, в то время как Бор усмотрел проблему в противоположной особенности исследуемых объектов, а именно в их «устойчивости». Под этим словом, говорил Бор, он имеет в виду тот факт, что одни и те же вещества всегда и везде встречаются с одними и теми же свойствами – так, мы наблюдаем, как образуются одинаковые кристаллы, возникают одинаковые химические соединения и т. д. Можно производить самые разнообразные воздействия, например, на кусок железа, но в результате таких воздействий атомы, из которых состоит этот кусок, оказываются сохраняют те же самые свойства. Все подобные наблюдения можно выразить так: в природе имеется тенденция к образованию определенных форм. Бор пояснил, что слово «форма» используется им в данном случае для обозначения сохраняющихся объектов природы, способных воспроизводиться тождественными самим себе при всевозможных изменениях. В этой связи можно было бы обратиться к наблюдению живых организмов, ибо живые существа несут удивительную способность сохранять себя как нечто целое. Но Бор не стал углубляться в биологические проблемы, обратившись к более простым формам, с которыми приходится встречаться в физике и химии.

Вспоминая значащий для него разговор с Бором, Гейзенберг с особенной настойчивостью подчеркнул решающее значение проблемы устойчивости – тот факт, что на эту проблему не обращалось должного внимания, существенно тормозило развитие новой атомной теории. Направленность мысли на наблюдаемые изменения, на очевидный Гераклитов поток, уводит ее от подлинных проблем. Если обратиться к идеям античных мыслителей, то надо – в связи с поисками принципов новой атомной теории – упомянуть Парменида, учившего о вечности бытия, его неизменности. Можно сказать, что направленность мысли, если использовать термин Поппера, на «парменидонизм» открыла рациональный путь к новой атомной теории. Бор обратил внимание на мировую постоянную Планка, указывающую на дискретность изменения энергии атомной системы. Планк обнаружил, что энергия атомной системы изменяется ступенчато, так сказать, с остановками. Эти остановки были названы стационарными состояниями.

Физика оказалась перед трудной задачей объяснения внутриатомного мира – для этого нужны были поиски другого языка, а значит, и новых понятий. Бор осознал нетерпимость ситуации – недостаточность классических понятий для построения теории строения атома. И ко времени беседы с Гейзенбергом Бор мог сказать по этому поводу только то, что непонятные черты пробивающейся к росту квантовой теории, связанные с устойчивостью материи, могут быть увидены посредством понятий, по-видимому, совершенно ненаглядных. Но эти новые понятия необходимо еще найти.



Внимая разъяснениям Бора, Гейзенберг заметил: «Если строение атомов столь мало поддается наглядному описанию, как Вы говорите, если у нас, собственно, нет языка, на котором мы могли бы вести речь об этом их строении, то сможем ли мы вообще когда бы то ни было понять атомы?»<sup>12</sup>. После недолгого размышления Бор сказал, что все же мы сможем понять атомы, но сначала нам необходимо будет ответить на вопрос – что такое понимание. Ответ Бора на вопрос Гейзенберга полон глубокого смысла: в его ответе ожидание плодотворного поворота мысли к самой себе. Бор неожиданно переходит в область философского подхода к научному познанию, и такой подход, ограниченный его особенному способу размышления, ведет к построению искомой теории.

Вспоминая вечернюю прогулку с Бором, Гейзенберг замечает, что как раз путь шел по одной из хорошо ухоженных лесных тропинок к озаренной солнцем вершине, откуда можно было одним взглядом обернуть прославленный университетский городок с возвышающимися шпилями старинной церкви Иоанна и Иакова. Для Гейзенберга беседа с Бором была решающим событием в его жизни. В автобиографической книге он писал: «Эта прогулка оказала сильнейшее воздействие на мое последующее развитие, или даже, вернее сказать, что все мое научное развитие, собственно, и началось с этой прогулки»<sup>13</sup>. Когда они, заканчивая прогулку, приближались к первым городским домам, Бор предложил Гейзенбергу обсудить возможность того, чтобы часть студенческой жизни провести в Геттингене, а затем посетить Копенгаген.

Но эти счастливые надежды, открывшиеся приглашением Бора, не скоро смогли осуществиться. Протекли почти два года работы – защита докторской диссертации по устойчивости ламинарного течения в жидкости, последующий за этой защитой экзамен в Мюнхене и еще один семестр в Геттингене в качестве ассистента Макса Борна – прежде, чем в пасхальные каникулы 1924 г. Гейзенберг смог отправиться в Данию. Уже в первые часы пребывания на датской земле он почувствовал значимость личности Бора: когда в случае формальных затруднений он объяснял, что намерен работать в Копенгагене у профессора Бора, все затруднения мгновенно преодолевались.

По прибытии в Институт Бора Гейзенберг оказался среди большого числа блестящих молодых людей из самых разных стран, и главное, как он осознавал, эти молодые люди превосходили его в знании языков и были более основательно подготовлены в той науке, в которой ему предстояло работать. Ему пришлось преодолевать трудности общения. Но ему повезло: пожилая хозяйка квартиры приняла его как сына и стала обучать английскому и датскому языкам. Вскоре он смог погрузиться в научные проблемы со всей энергией, на какую был спо-

<sup>12</sup> Там же. С. 172.

<sup>13</sup> Там же. С. 170.



собен. Об этом пишет в своей книге супруга Вернера – Элизабет Гейзенберг<sup>14</sup>.

#### 4. РЕШАЮЩИЕ БЕСЕДЫ С НИЛЬСОМ БОРОМ

Погруженный в заботы Института Бор не смог сразу уделить внимание приглашенному ученику. И все же вскоре нашел возможность отправиться с ним в поход по острову Зеландия. Гейзенберг в автобиографии представил особенно значащие подробности их бесед. Описывая одну из прогулок с Бором, он пишет, что однажды они шли вдоль берега, минуя небольшие рыбацкие поселки, и могли различать по ту сторону пролива шведский берег, отдаленный от датского лишь на несколько километров. Они подошли к старинному замку Кронборг, который по преданию и был замком Эльсинор, местом трагедии принца Гамлета. На крепостных стенах замка они могли видеть старинные орудия, символы былого могущества. Бор рассказал, что датский король Фридрих II построил замок в конце XVI в. Бор и Гейзенберг стояли в сумерках на бастионе возле старых пушек и скользили взглядом по парусным судам в проливе. При этом, как вспоминает Гейзенберг, они явственно ощутили, какая гармония может исходить от места, где отгремели былые бои и наступило время нормальной человеческой жизни. Бор заметил, что если применить научный подход, то замок предстанет как сооружение из камней; мы наслаждаемся формами, в которые их сложил архитектор. При таком подходе ничего не изменится, если мы узнаем, что здесь жил Гамлет. И, тем не менее, как только мы об этом узнаем, замок Кронборг вдруг становится другим. Стены, крепостные валы и двор замка образуют особенный мир, в котором простой закоулок напоминает о темноте человеческой души, мы слышим вопрос: «Быть или не быть?»<sup>15</sup>. Новое знание о воспринимаемом изменяет содержание восприятия.

И все же, так или иначе, они возвращались к заботам и волнениям текущих дней. Проблемы атомной физики овладевали их помыслами, составляя важнейшую часть их жизни. На пути понимания стабильности атомов вставали трудности, которые не удавалось преодолеть. Конечно, не только Бор и Гейзенберг, но и физики разных стран постепенно привыкали к тому, что понятия классической физики при перенесении их в сферу атома верны лишь наполовину – невозможно требовать при их применении большой точности. В летний семестр 1924 г. на семинарах Макса Борна в Геттингене уже говорилось о задаче построения новой научной дисциплины – квантовой механики, призванной занять место ньютоновской механики. В следующем году, продолжая свою работу в Геттингене, Гейзенберг пытался, как он

<sup>14</sup> См.: Heisenberg E. Inner Exile. Recollections of a life with Werner Heisenberg. Boston, Basel, Stuttgart. 1980. P. 32.

<sup>15</sup> См.: Гейзенберг В. Физика и философия. Часть и целое. С. 181.



томинает, угадать правильные формулы интенсивности спектра породе, используя метод математических расчетов, который, еще дучи в Копенгагене, применял в совместной работе с Крамерсом. коре он убедился, что от этого метода придется отказаться и что не едует опираться на понятие орбит электронов в атоме, достаточно ратиться к «как-никак» наблюдаемым величинам – амплитудам и стогам колебаний.

В конце мая 1925 г., в разгар наиболее напряженной работы над роением новой теории, он заболел сенной лихорадкой (вид аллер- и). Болезнь способствовала погружению в проблему. Вскоре ста- ) ясно, что необходимо искать наиболее простую матема- ческую форму теории, в основе которой должны содержаться толь- ) наблюдаемые величины. Вместе с тем математическая схема олжна быть непротиворечивой, в ней должен выполняться закон со- ранения энергии, ибо, как замечает Гейзенберг, «без закона сохра- ния энергии вся схема утрачивает какую-либо ценность»<sup>16</sup>.

Сосредоточивая усилия на выполнимости закона сохранения энер- ии, Гейзенберг продвинулся далеко в построении искомой теории. ознее он писал: «У меня было ощущение, что я гляжу сквозь по- ерхность атомных явлений на лежащее глубоко под нею основание оразительной внутренней красоты»<sup>17</sup>. Гейзенберг сообщил о своих езультатах в построении математической схемы новой теории сво- му другу. Обычно критичный Вольфганг Паули поощрил его в раз- аботке взятого направления. В его жизни наступила пора необычно- зненно интенсивной работы. При этом оказалось, что в различных странах наблюдались такие же усилия по построению новой атомной еории: коллективная мысль шла независимым путем как единый по- гок, составленный из различных струй: в Геттингене к Гейзенбергу присоединился Иордан, в Кембридже одиноко работал Дирак, в Бер- лине – Планк, Эйнштейн, фон Лауэ, Нернст. Обращаясь в своих вос- поминаниях к годам интенсивного постижения новых идей, Гейзен- берг говорил своей жене: «У Зоммерфельда я учился физике, воспри- нимая его оптимизм; у Макса Борна я осваивал математику; а Нильс Бор привел меня к основаниям научного знания»<sup>18</sup>.

Весной 1926 г. Гейзенберг был приглашен в Берлинский универ- ситет, чтобы рассказать о своих работах по построению новой кван- товой механики. Примерно в те дни, когда Гейзенберг делал доклад в Берлине, геттингенцам стало известно о работе венского физика Шредингера, который подошел к проблемам атомной теории с со- вершенно другой стороны. Он был убежден, что переход от частиц к волнам позволит разрешить все затруднения – Шредингер отрицал дискретности, каковы бы они ни были. Вступая в полемику с Шре- дингером, Гейзенберг собрал все известные ему аргументы в пользу

<sup>16</sup> Там же. С. 189.

<sup>17</sup> Там же. С. 190.

<sup>18</sup> Heisenberg E. Inner Exile. P. 32.

того, что дискретность является подлинной чертой самой реальности. Бор усмотрел в этих непримиримых позициях главную проблему рождающейся атомной теории. Объединения противоположностей – вот чего настойчиво искал датский мудрец.

Зимой 1926–27 гг. Гейзенберг снова в Копенгагене, и его дискуссии с Бором становятся условием и содержанием творческой жизни. Гейзенберг жил тогда на верхнем этаже под крышей боровского института. Почти каждый вечер Бор, освободившись от основной работы, поднимался к Гейзенбергу, чтобы продолжить обсуждение волнующих проблем. Возникающее при этом напряжение мысли становится неременной чертой всех бесед, и это напряжение усиливается к февралю 1927 г. настолько, что Бор не выдерживает и уезжает в Норвегию, чтобы на лыжных прогулках отвлечься от непримиримых споров со своим учеником.

Оставшись один в Копенгагене, Гейзенберг продолжал размышлять о дискретности как фундаментальной черте природного мира и о непрерывности, на которой настаивал Шредингер, убежденный, что переход от частиц к волнам материи избавит новую физику от парадоксов строящейся квантовой теории. Бор же увез с собой на лыжную прогулку груз нескончаемых споров о природе внутриатомного мира. Ситуация споров привела к тому, что перед Бором во весь рост встала проблема теоретического синтеза дискретного и непрерывного. Гейзенберг, оставаясь в Копенгагене, продолжал размышлять над проблемами, сформулированными Бором и направленными на поиски единой картины. Ученик Бора не мог отказаться от дискретности, заданной историей знания, опытом его мысли и простым наблюдением, но не мог принять и чистую прерывность. Можно утверждать, что в его сознании настойчиво возникла боровская мысль, устремленная к постижению единства разнообразного, – невозможно устранить из теоретического рассмотрения ни дискретность, ни непрерывность.

Прогуливаясь в одиночестве по Феллед-парку, окружавшему Институт Бора, Гейзенберг размышлял, вместе с тем, и об источнике теоретических идей. Это давняя классическая проблема. Джон Локк был убежден, что если душа это, так сказать, белая бумага, то возникает вопрос: каким образом она получает знаки и идеи, которые пишутся на ней? Все наше знание, был убежден английский философ, основывается на опыте. Но при этом он поясняет, что наши наблюдения направлены либо на внешние предметы, либо на внутреннее содержание нашей души. Это последнее, согласно Локку, есть рефлексия. «Вот два источника знания, откуда происходят все идеи»<sup>19</sup>.

Ныне мы скажем – нет сомнения, что мы черпаем идеи из наблюдения. Но сама по себе процедура наблюдения далеко не проста: надо помнить о принципе Эйнштейна – «только теория решает, что именно можно наблюдать». Допустим, мы наблюдаем туманные следы в ка-

<sup>19</sup> Локк Д. Избранные философские произведения. Т. I. М., 1960. С. 128.



э Вильсона. Гейзенберг сомневался: наблюдаем ли мы при этом, кем, движущийся электрон? Возможно, мы наблюдаем не частицу, всего лишь дискретные следы неточно определенных положений электрона. В камере Вильсона видны лишь отдельные капельки воды, которые заведомо значительно больше электрона. Поэтому вернее то бы спросить: можно ли в квантовой механике описать ситуацию, в которой электрон лишь приблизительно – т. е. с некоей неточностью – находится в данном месте и при этом приблизительно – т. е. опять-таки с неточностью – обладает заданной скоростью? Записав свои размышления с помощью математических символов, Гейзенберг уточнил соотношения, названные позднее соотношениями неопределенностей.

## Дополнительность и неопределенность

Обращаясь к ходу размышлений, представленному самим Гейзенбергом, спросим, что нам кажется более важным – процесс рассуждения или его результат? Наверное, в процессе научной мысли, как она развивается в живой истории науки, важно и то и другое. Хотя, конечно, физики важен результат – в данном случае записанные в виде формулы соотношения неопределенностей. Историка же науки – процесс получения результата, ибо только в этом процессе можно увидеть картину рождения научной мысли и тем самым более детально схватить ее содержание.

Обратимся к туманному следу электрона в камере Вильсона и опишем полученный Гейзенбергом результат пока на естественном языке, без формул, хотя формулы эти предельно просты: произведение неопределенности местоположения частицы на неопределенность количества движения (произведение массы на скорость) не может быть меньше постоянной Планка.

Бор вернулся из норвежских снегов с новыми мыслями, которые, как и у Гейзенберга, выросли из зерен их дискуссий. Гейзенберг вспоминает об этом в спокойных тонах, замечая, однако, что после лыжного отпуска Бора они напряженно дискутировали по проблемам истолкования квантовых процессов. Ученик Бора делает исторически важное утверждение: «Бор тоже продвинулся в развитии своих идей, пытаясь, как и в беседах со мной, сделать принципиальной основой истолкования дуализм волновой и корпускулярной картин. Центральное место в его размышлениях занимало вновь созданное им понятие дополнительности, призванное описывать ту ситуацию, когда одно и то же событие мы можем охватить с помощью двух различных способов рассмотрения. Оба эти способа взаимно исключают друг друга, но они также и дополняют друг друга, и лишь сопряжение двух противо-



речащих друг другу способов рассмотрения полностью исчерпывает наглядную суть явления»<sup>20</sup>.

Гейзенберг при этом замечает, что Бор увидел в соотношениях неопределенностей «лишь еще один слишком специальный случай общей ситуации дополнителности». В этом последнем утверждении можно усмотреть существо различных оценок происшедшего после возвращения Бора из Норвегии: глава копенгагенской школы привез из лыжной прогулки весьма общий принцип, в то время как его ученик за это время сформулировал конкретное проявление этого принципа. Но такая оценка не устраивает Гейзенберга – он стремится подчеркнуть, что его соотношения неопределенностей имеют столь же широкое значение, как и принцип дополнителности. После этого он пространно разъясняет ситуацию разногласий между Эйнштейном и Бором, которая так выразительно проявилась осенью 1927 г. на Международном конгрессе, посвященном памяти Вольты в итальянском городе Комо, а вскоре и на Сольвеевском конгрессе в Брюсселе. На этих представительных встречах физиков действительно обсуждалась проблема общности действия соотношений неопределенностей в квантовой физике, названных позднее соотношениями Гейзенберга. Впрочем, надо заметить, что обсуждение это проходило вне официальной программы конференции. По общему признанию победу в этой полемике между Бором и Эйнштейном одержал Бор и тем самым подтвердил значимость соотношений неопределенностей, на общности действия которых настаивал Гейзенберг.

Название «соотношения неопределенностей Гейзенберга» закрепилось с 1927 г. и стало, можно сказать, каноническим. И все же попытаемся критически оценить ход аргументации Гейзенберга, который не мог принять истолкование ситуации, предложенной Бором, а именно – утверждения о том, что соотношения неопределенностей – лишь специальные случаи принципа дополнителности. Гейзенберг настаивал на одинаковой общности действия как принципа дополнителности, так и соотношений неопределенностей. В этой связи зададимся вопросом: как понимать общность действия принципа дополнителности, с одной стороны, и общность действия соотношений неопределенностей, с другой?

Истолкование возникшей ситуации, которое предложил Бор, вполне понятно, а именно: соотношения неопределенностей всего лишь специальный случай действия принципа дополнителности. Но в таком случае, на каком основании Гейзенберг настаивал на общности применимости соотношений неопределенностей в сопоставлении с принципом дополнителности? Основание это заключается в том, что ученик Бора имел в виду построение квантовой теории и демонстрировал общность действия соотношений неопределенностей, показывая применимость их во всей области квантовых явлений. Именно такую общность действия соотношений неопределенностей и отстаивал Бор в знаменитой полемике с Эйнштейном.

<sup>20</sup> Гейзенберг В. Физика и философия. Часть и целое. С. 205–206.



Вдумываясь в содержание сложившихся разногласий между Бором и Гейзенбергом, мы замечаем, что действие принципа дополненности существенно выходит не только за рамки квантовых, но и вообще физических явлений. И. С. Алексеев в своих статьях, а затем и в книге, специально посвященной исследуемой концепции, детально проанализировал ситуацию, связанную с оценкой действия феномена дополненности. Он подчеркивал, что с самых первых шагов идея дополненности рассматривалась ее автором как выходящая за рамки собственно физического познания. Уже в первой статье «Квантовый постулат и новейшее развитие квантовой теории», излагающей концепцию дополненности, Н. Бор указал в заключительной фразе, что ситуация, сложившаяся в связи с проблемой интерпретации квантовой теории, «имеет далеко идущую аналогию с общими трудностями образования человеческих понятий, возникающими из разделения субъекта и объекта»<sup>21</sup>. И. С. Алексеев подробно исследовал эту ситуацию и, подчеркивая общий характер рассматриваемой концепции, заметил, что «принцип дополненности – это не чисто физический принцип, применимый только в той науке, где он родился. Это общенаучный общеметодологический принцип (что неоднократно подчеркивалось Н. Бором и его учениками)»<sup>22</sup>.

Бор в своих работах неоднократно отмечал дополнительные черты в различных областях человеческого познания, в то время как явления неопределенностей, усмотренные Гейзенбергом и выраженные математическими формулами, например,  $(\Delta p)(\Delta x) \geq h$ , относятся лишь к физическим процессам. В результате сложилась непростая ситуация.

После возвращения из норвежских снегов Бор увидел в подготовленной Гейзенбергом статье конкретный результат, представляющий важный случай действия принципа дополненности. Он явно сожалел, что упустил возможность самому записать вывод из сформулированного к тому времени общего принципа. Историки науки смогли воссоздать психологическую картину их встречи. В рукописи подготовленной Гейзенбергом статьи, как отмечают историки науки, сохранилось так много ошибок, что Бор вынужден был тщательно исправлять их. Гейзенберг, по-видимому, слишком торопился изложить волновавшие его мысли и потому не следил за корректностью своих вычислений. Только после тщательного исправления статья была отправлена в печать.

Я возвращаюсь к возникшей тогда ситуации – можно сказать, что Бор был смущен происшедшим. Он увидел в формулах Гейзенберга конкретное воплощение своей мысли о единстве дискретного и непрерывного, в истинности которой он стремился убедить своего ученика. Из той прогулки в норвежских снегах он привез более широкое понимание этого единства. Деловой язык физики понятнее, чем язык

<sup>21</sup> Бор Н. Избранные научные труды. Т. II. М., 1971. С. 53.

<sup>22</sup> Алексеев И. С. Деятельностная концепция познания и реальности. М., 1995. С. 209.



высоких философских рассуждений; язык формул доступнее и привычнее, чем язык философских утверждений. Формула Гейзенберга была принята сообществом физиков.

Но задача историка человеческой мысли – представить ситуацию в ее конкретных связях исторического развития, прояснить контекст употребления понятий. В описанной ситуации проявляется психологическая особенность человеческого понимания и человеческих оценок: все, что мы умеем делать, то и представляется нам как существенное, основное, а то, что мы делать не умеем, о чем мы не знаем, то оказывается в нашем представлении несущественным. Только то ценно, что четко выражено в формуле. Математически зафиксированная мысль понятна нам: мы знаем, как ее применять, что с ней делать. А принцип дополнительности – абстрактное утверждение и что с ним делать, мы не знаем.

Весьма определенно выразил принятую сообществом физиков трактовку связи принципа дополнительности с соотношениями неопределенностей наш математик А. Н. Паршин. Описывая феномен дополнительности, он, вопреки сложившейся в 1927 г. ситуации, оценивает принцип дополнительности как вытекающий из квантовой теории, а именно из соотношений неопределенностей – исторические факты заменяются им логикой. Он писал: «Дополнительность возникла при анализе хорошо известного фундаментального факта квантовой механики – соотношения неопределенностей, которое было обнаружено и положено в основу этого раздела физики Вернером Гейзенбергом в 1927 г. Это соотношение относится в своей простейшей форме к ситуации, когда мы имеем материальную частицу массы  $m$ , и она движется в пространстве  $R$  с координатой  $x$ , со скоростью  $v$ »<sup>23</sup>.

А. Н. Паршин подробно анализирует ситуацию, связанную с трактовкой принципа дополнительности, и приходит к неутешительному выводу: концепция дополнительности не стала общенаучным понятием, как, например, представление о симметрии. Наш математик подробно выявляет связь дополнительности с симметрией. В своем анализе, обращаясь к трудам Павла Флоренского и анализируя проблему квантовых антиномий, он приходит к выводу: «Мы можем предположить, что антиномия – это противоречащие друг другу высказывания об одном и том же, но делаемые в разных дополнительных ситуациях. Короче, можно сказать, что антиномия = дополнительность»<sup>24</sup>. Как видим, вопреки обобщающему утверждению самого Паршина концепция дополнительности стала именно общезначимым понятием, и это продемонстрировано им самим, когда он выявляет связь понятия антиномии с принципом дополнительности – ведь понятие антиномии характеризует все области познания. В том числе и область научной мысли.

<sup>23</sup> Паршин А. Н. Путь. Математика и другие миры. М., 2002. С. 145.

<sup>24</sup> Там же. С. 167.



Конечно, трактовка А. Н. Паршина, в которой историческая ситуация спрямляется логикой, вполне допустима, если нас интересует ключительно логический процесс движения мысли. Но при этом до иметь в виду, что реальный ход мыслей сложнее и, как в данном случае, имел прямо противоположное направление: не от соотношений неопределенностей к принципу дополнителности, но наоборот – от дополнителности к соотношениям неопределенностей.

Для нас важен процесс исторически развивающейся мысли во всей ее конкретности. При более широком взгляде на человеческое знание мы ясно видим, что без обращения мысли к самой себе невозможно ее продвижение в определенной области исследования. Принципы, сформулированные в естественном языке, – это те зерна, из которых вырастает знание конкретного. Это конкретное может быть выражено и в математической форме.

Фактическое влияние принципа дополнителности, смысл которого явственно звучал в споре Бора с Гейзенбергом в течение их долгих дискуссий, определило рождение соотношений неопределенностей. Это дает нам основание принять сказанное Виталием Лазаревичем Гинзбургом, который исторически конкретно отметил следующее: «К истории создания квантовой механики я могу сообщить лишь об одном, быть может неизвестном свидетельстве. Именно, известный физик Феликс Блох (1905–1983), работавший вместе с Бором и Гейзенбергом (кажется, он был первым ассистентом Гейзенберга), рассказывал мне, что соотношение неопределенности, по его мнению, принадлежит не Гейзенбергу, а Бору. Сам Гейзенберг, по словам Блоха, признавал это в разговоре с ним, заявив что-то в таком роде: Бор выражается туманно, вот я и написал это в более понятном виде (сказанное я уже сообщал в издании 1995 г. своей книге «О физике и астрофизике» на с. 374. Но не указал, правда, фамилию Блоха!)<sup>25</sup>. Прав ли Блох? Замечу лишь, что из хорошо документированной книги А. Пайса (*A. Pais. «Nils Bohr's Times»*) это прямо не следует, хотя и не исключено»<sup>26</sup>.

*(Продолжение следует)*

<sup>25</sup> То, что в скобках, – это примечание Гинзбурга в цитируемом фрагменте. – *Прим. ред.*

<sup>26</sup> Гинзбург В. Л. К столетнему юбилею квантовой теории (несколько замечаний) // 100 лет квантовой теории. М., 2002. С. 7.