

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК

500

СОВРЕМЕННОЕ ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ И ФИЛОСОФИЯ *)

В. А. Амбарцумян

Развитие современного естествознания остро поставило множество философских проблем, которые являются объектом пристального внимания как философов, так и естествоиспытателей. Вот почему, являясь специалистом в области астрофизики, я с удовольствием принял любезное приглашение выступить перед участниками XIV Международного философского конгресса. Конечно, я хорошо сознаю возникающие при этом трудности. Во-первых, как справедливо говорил Эйнштейн, «если вы хотите кое-что выяснить у физиков-теоретиков о методах, которые они применяют, я советую вам твердо придерживаться одного принципа: не слушайте, что они говорят, а лучше изучайте их действия»¹. Эти слова, разумеется, могут быть отнесены и к астрофизикам. Во-вторых, не следует забывать, что естествоиспытатели не всегда в достаточной степени компетентны в различных философских тонкостях, так как философия имеет свою собственную область, лишь в некоторой «пограничной зоне» пересекающуюся с проблемами естествознания. Тем не менее, поскольку философские проблемы естествознания вызывают сейчас довольно частые дискуссии среди естествоиспытателей, в том числе в СССР, я все же позволю себе высказать свое мнение по некоторым из них.

1. РЕВОЛЮЦИЯ В ЕСТЕСТВОЗНАНИИ XX В.

Характерной чертой современного естествознания является проникновение его в новые, ранее неизвестные или недоступные для исследования области природы. Это привело к революции в наших представлениях о природе. Теории, считавшиеся универсальными, оказались применимыми лишь в определенных и довольно узких пределах. Многие укоренившиеся догмы, предвзятые утверждения и предрассудки, которые рассматривались как «незыблемые», стали теперь достоянием истории естествознания. Современное естествознание создало новые фундаментальные понятия и теории, новую естественнонаучную картину мира, более глубоко отражающую объективную реальность природы.

Многие результаты современного естествознания были необычными, ненаглядными, противоречащими так называемому «здравому смыслу». От привычного — к непривычному, «диковинному» — так определил суть «новейшей революции в естествознании» В. И. Ленин, анализируя в своей работе «Материализм и эмпириокритицизм» начальную фазу этой революции, связанную с формированием современной физики. Дальнейшее развитие естествознания доказало справедливость такого вывода.

*) Доклад на XIV Международном философском конгрессе (Вена, 1968 г.).

В настоящее время физика, которая была и остается лидером современного естествознания, развивается значительно более «спокойно», чем в начале XX в.: революция в ней пока закончилась. Выдающиеся достижения последних трех десятилетий основаны на *применении* уже известных физических понятий, законов и теорий.

Вместе с тем проникновение методов и достижений современной физики в другие науки — химию, биологию и т. д. — привело к их бурному развитию, созданию принципиально новых представлений, что с полным правом рассматривается как продолжение революции в современном естествознании.

В этой связи нередко высказывается мнение, что роль лидера естествознания уже переходит или в ближайшем будущем перейдет к биологии. Но с этим вряд ли можно согласиться. Конечно, следует ожидать, что проблемы биологии, привлекающие сейчас все больший интерес, могут оказаться в центре внимания всего естествознания, как это было в свое время с физическими проблемами. Однако нет оснований ожидать, что решение чрезвычайно сложных задач, связанных с выяснением сущности живого, потребует создания новых фундаментальных законов и теорий физики.

Временно уступив биологии свое место в отношении бурных темпов развития, физика все же сохраняет свое первенствующее положение в качестве фундамента всех других естественных наук, революционные изменения в котором неизбежно сказываются и на всех других науках о природе.

Серьезные шансы стать в ближайшем будущем подлинным лидером современного естествознания — если уже говорить об этом — имеет астрономия. Вплоть до последних десятилетий астрономы изучали объекты, известные фактически уже тысячи лет: планеты, кометы, звезды, рассеянное газово-пылевое вещество. Однако сейчас во Вселенной открыты объекты принципиально нового типа: ядра галактик, в которых происходят грандиозные взрывы, квазизвездные радиоисточники (квазары) и др. Попытки описать их в рамках известных сейчас фундаментальных физических теорий встречаются с огромными, возможно, непреодолимыми трудностями. Я считаю, что именно от астрономии следует уже в недалеком будущем ожидать выявления новых фактов, которые потребуют формулировки новых физических теорий, более общих, чем известные сейчас. Подробнее об этом будет сказано в п. 3.

В числе основных особенностей современного естествознания часто называют его «математизацию», «кибернетизацию», «космизацию»; авторов, которые считают подобные термины излишними, иногда обвиняют даже в «консерватизме». И все же введение этих «модных» ныне терминов лишь отчасти вызвано интересами существа дела.

Естествознание всегда стремилось везде, где возможно, изучать явления в количественном аспекте, описывая их математически. Понятно, что по мере усложнения изучаемых в естествознании явлений используется также все более сложный математический аппарат, получают применение все новые разделы математики. Но это не означает никакого принципиального изменения в задачах и методах естествознания. Соответственно, называя применение в естествознании достижений технической кибернетики, которые сами являются следствием развития естествознания, его «кибернетизацией», сторонники этого «модного» термина не ставят никакой реальной проблемы, ограничиваясь довольно бесплодными рассуждениями. Наконец, несомненно, что выход человечества в космос является мощным стимулом для развития всех естественных наук, поскольку они тесно взаимосвязаны. Но и здесь пока не видно

каких-либо особых тенденций, которые могли бы характеризоваться термином «космизация».

Вместо применения этих терминов лучше со всей силой подчеркнуть разнообразие средств, методов и направлений исследования, которое характерно в наше время для всех естественных наук.

2. ПРОБЛЕМА СУБЪЕКТА И ОБЪЕКТА ПОЗНАНИЯ

Естествознание XVII—XIX вв. исходило из ряда гносеологических предпосылок, основанных в конечном счете на философии метафизического материализма, — о пассивном, созерцательном характере процесса познания, о том, что объектом естествознания является непосредственно внешний мир, материя «сама по себе», о возможности получения полностью адекватного, «абсолютного» знания объективной реальности.

В ходе научной революции XX в. все эти предпосылки были опровергнуты, что дало повод для многочисленных утверждений о «крушении материализма» и появления ряда философских концепций в духе позитивизма, субъективного и объективного идеализма. Однако метафизический материализм нельзя отождествлять со всяким материализмом вообще. Более ста лет назад Карлом Марксом был создан диалектический материализм — новая, высшая форма материализма, — развитый затем В. И. Лениным.

С диалектико-материалистической точки зрения явления внешнего мира существуют до и независимо от сознания человека или человечества. Но объектом познания становятся фрагменты, аспекты, части материального мира, выделенные субъектом познания (под которым понимается человеческое общество, взятое с определенной его стороны) в процессе общественно-исторической практики и им «активно усваиваемые». (Таким образом, категории «материя» и «объект», «сознание» и «субъект» оказываются не тождественными.) Активность субъекта познания приводит в конечном счете к приближенному отражению объективной реальности в знании, причем в ходе научного развития достигается все большая точность, адекватность знания.

Многие стороны проблемы субъекта и объекта познания за последние годы получили дальнейшее развитие в марксистской философской литературе, прежде всего в работах С. Л. Рубинштейна², П. В. Копнина³, В. А. Лекторского⁴; анализу проблемы субъекта и объекта познания в физике посвящены исследования М. А. Маркова⁵, В. А. Фока⁶, М. Э. Омеляновского⁷, С. Г. Суворова⁸, П. С. Дышлевого⁹ и др. В этих работах убедительно показано, что идеи, высказанные основоположниками марксистской философии, в частности, по проблеме субъекта и объекта, не только не устарели, но и позволяют дать правильный анализ того «гносеологического урока», который, по словам Бора, преподала нам современная физика.

Когда сторонники субъективного идеализма, исходя из того, что познание природы возможно лишь на основе активного взаимодействия субъекта и объекта, стали утверждать, что тем самым навсегда покончено с объективной реальностью и ее независимым от субъекта существованием, то они, как выяснено в указанных работах, смешивали два разных вопроса: 1) существует ли объективная реальность вне и независимо от субъекта; 2) как она может быть отражена в знании.

Если говорить об активности субъекта на эмпирическом уровне познания, то, конечно, постановкой все более изощренных экспериментов и наблюдений мы задаем природе все большее число вопросов, причем направленность этих вопросов зависит как от круга интересов субъекта,

так и от существующей системы знаний. Бесчисленное множество экспериментов ставится таким образом, чтобы ответить «да» или «нет» относительно предсказания той или иной теории. Прекрасным примером здесь могут служить наблюдения во время полных солнечных затмений для обнаружения эффекта искривления световых лучей в поле тяготения Солнца, предсказанного общей теорией относительности Эйнштейна. Несомненно, *направленность наших вопросов природе* должна оказывать известное влияние и на характер общих представлений о природе, составляемых на основе полученных ответов. Однако хорошо известно, что в процессе экспериментов и наблюдений природа, со своей стороны, ставит перед субъектом еще большее число вопросов, и подчас очень неожиданных. Например, астрофизик, изучающий строение отдаленных галактик, интересуется тем, из каких типов звезд, хорошо известных нам в нашей Галактике, они состоят. И вот при этих наблюдениях обнаруживаются вспышки сверхновых, и таким образом открывается не только новый тип звездного «населения», но и новые процессы освобождения гигантских количеств энергии в природе, сущность которых является совершенно новой проблемой. Другой пример. Сейчас мы уже не удивляемся тому, что в космических лучах были открыты новые типы элементарных частиц, причем, возможно, мы знаем еще не все из них. Однако первое такое открытие — открытие позитрона в 1932 г. — было совершенно неожиданным, так как до тех пор были известны всего две элементарные частицы, протон и электрон. Казалось, что других частиц и не должно быть, и исследователи космических лучей вовсе не ставили своей целью обнаружение каких-либо новых частиц. Те, кто плохо знает историю науки, могут возразить, что существование позитрона было предсказано Дираком и что физики искали именно предсказанную им частицу. Но открытие позитрона оказалось неожиданным, поскольку Дирак в своей работе ошибочно отождествил предсказанные им «дырки» с протонами, и вплоть до открытия позитрона теоретики бились над вопросом, чем же в таком случае объясняется столь большое различие в массах частицы и античастицы.

Эти, может быть, довольно случайные примеры показывают, насколько неожиданными с точки зрения первоначальных интересов субъекта познания бывают вопросы, поставленные природой. Бывает и так, что в ответ на довольно неопределенные наши вопросы природа отвечает другими — весьма определенными, но трудными вопросами. Так, когда астрономы стали вести с помощью радиотелескопов наблюдения монохроматических линий гидроксила для выяснения пространственного распределения молекул ОН в Галактике, то с первых же шагов они столкнулись с крайне компактными источниками, испускающими радиоволны в тех же спектральных линиях, и таким образом неожиданно возник очень интересный и трудный вопрос о природе этих объектов.

Конечно, для науки представляет определенную ценность результат любого правильно поставленного опыта; но все же следует признать, что наибольшим стимулом для научного прогресса являлись те случаи, когда природа давала неожиданные для исследователя ответы или ставила сама еще более неожиданные вопросы.

Что касается теоретического уровня познания, то следует прежде всего остановиться на изменении *способа описания* природы, которое произошло в современной физике. Квантовая физика показала, что возмущения в состоянии микрообъекта, вносимые его взаимодействием с макронприбором, не могут быть сделаны сколь угодно малыми. Поэтому классическое описание квантовой системы становится невозможным. В связи с этим Бор обосновал необходимость принципиально нового,

квантовомеханического (дополнительного) способа описания¹⁰. Этот способ описания был развит затем В. А. Фоком. Квантовомеханический способ описания является крупнейшим завоеванием не только физики, но и всего естествознания, так как он позволил в отношении очень широкой области качественно новых явлений отказаться от предрассудков, основанных на наивных представлениях, возникших из повседневного опыта.

Итак, и здесь попытки естествоиспытателей понять новую область явлений привели не только к неожиданным ответам, но и к неожиданно новой форме описания этих явлений. Физики должны были еще раз ощутить, с какой настойчивостью природа может заставить нас отказаться от старых представлений и ввести новые, предсказываемые наблюдением и экспериментом.

Современная теоретическая физика использует всё новые и новые разделы математики. Многие разделы математики, которые родились в результате внутренней логики развития самой математики, вне всякой связи с физикой, оказались с течением времени необходимыми при построении фундаментальных теорий современной физики (неевклидова геометрия, тензорный анализ, теория групп). Это явление стали иногда рассматривать как «навязывание» субъектом природе ряда сложных математических закономерностей. Очевидно, однако, что именно бесконечное многообразие открываемых в природе новых явлений и возникающая в связи с этим необходимость обобщения результатов наблюдений и экспериментов вызывают потребность во все более мощном и сложном математическом аппарате. Было бы странно, если бы наблюдалась обратная картина, т. е. увеличивающееся разнообразие ограниченных явлений и законов природы укладывалось бы в сравнительно ограниченное число возможных простых математических схем. Поэтому вполне естественно, что некоторые типы математических теорий, разрабатывавшихся сначала в рамках «чистой» математики, с течением времени находят различные практические применения. Здесь играет большую роль также то, что математика применяется физикой для создания все более общих теорий и схем. Однако не всякая общая математическая схема находит свое применение в физике или в других отраслях естествознания. Например, риманова геометрия является одним из многих обобщений геометрии Евклида, но именно она нашла себе применение в общей теории относительности, тогда как многие другие варианты таких обобщений остаются чисто математическими построениями. Вероятно, многие из «воображаемых» геометрий так и останутся «свободными созданиями человеческого разума».

Все же это не дает никаких оснований недооценивать эвристическую роль математики. Достаточно напомнить, например, работы Шрёдингера, который, исходя из эмпирически установленного спектра значений энергии атома, понял, что можно надеяться найти дифференциальное уравнение, для которого этот спектр является решением задачи о собственных значениях. Конкретную форму этого уравнения он нашел из ряда дополнительных соображений, быть может, недостаточно строгих с точки зрения сегодняшних физических представлений, однако эвристическая роль математики для его открытия была очень велика. Тем не менее решающим был тот эмпирический факт, что спектр собственных значений энергии атома сразу напоминал спектр собственных значений дифференциального уравнения. Еще более интересным является создание Дираком его уравнения электрона, на основе которого не только были описаны известные свойства электрона, но и, как уже упоминалось, была впервые поставлена проблема античастиц (хотя, повторяю, первоначально Дирак думал, что античастицей для электрона является протон). Здесь мы имеем дело со

случаем, когда математическая теория неожиданно для самого ее автора оказалась способной объяснить непредвидимый заранее круг явлений.

Вероятно, можно привести еще более разительные примеры открытия новых явлений, исходя из описывающих природу математических законов. Но значит ли это, что физические теории, как правило, могут развиваться без обращения к опыту и должны лишь «в конечном счете» находить опытное «оправдание»? Не может быть ничего ошибочнее такого заключения. В самом деле, вернемся к рассмотренным нами примерам. Уравнение Шрёдингера, как и все законы квантовой механики, учитывало огромное количество эмпирических данных атомной физики, являясь их обобщением. Уравнение Дирака было получено исходя из релятивистского уравнения Шрёдингера и некоторых дополнительных требований, наложенных необходимостью учета спина электрона и исключения всех высших производных по времени. Последнее требование в конечном счете также было обусловлено опытными данными. Поэтому уравнение Дирака явилось новым, более точным и логически более правильным обобщенным описанием свойств электрона. И нет ничего удивительного, что это новое обобщение одного из законов природы привело к следствиям, которые нельзя было предвидеть при самом составлении уравнения. Здесь в определенном смысле повторилась старая история. Закон Ньютона был сначала получен для солнечной системы, имеющей, как известно, весьма своеобразное строение, но он оказался применимым и к далеким звездным системам.

Таким образом, дело не в том, что физические теории должны создаваться непременно на основе метода «математических гипотез», но в том, что законы природы обладают иногда общностью, далеко превосходящей ограниченный круг явлений, из изучения которого они получены. Известно множество примеров того, как важнейшие законы и закономерности природы были найдены именно из обобщения опытных данных, а не из построения математических гипотез. Сошлемся также на свидетельство Гейзенберга о методе исследования Бора: «Для Бора признание взаимосвязей исходило не из математического анализа положенных в основу теории предположений, а из интенсивного изучения самих явлений, что позволяло ему чувствовать взаимосвязи скорее интуитивно, нежели выводить их формально»¹¹.

Вопрос о роли интуиции в естественнонаучном исследовании представляет большой интерес. Иногда дело изображается таким образом, что интуиция — это какое-то «прозрение», ни на чем объективном не основанное. Однако «пророческие» выводы в естествознании, намного опережающие свое время, чаще всего основаны на тщательном продумывании имеющихся фактических данных и умении из многих возможных вариантов их объяснения выбрать тот, который имеет некоторый, быть может, едва заметный перевес по сравнению с другими, являясь более близким к истине. В этом умении правильно оценить ситуацию и состоит интуиция естествоиспытателя.

Итак, современное развитие наук о природе и, в частности, физики убеждает нас, что, несмотря на все возрастающую активность субъекта познания, выводы этих наук сейчас, как и раньше, соответствуют существующей вне и независимо от субъекта объективной реальности, точнее, определенным ее сторонам.

Природа бесконечно многообразна в своих проявлениях, а выбор путей ее исследования, как уже отмечалось, обладает значительной неоднозначностью. В этих условиях естествознание на каждом этапе развития способно охватить лишь определенные области явлений природы, причем, как правило, лишь отдельные их аспекты и стороны. Правда, объект иссле-

дования естествознания все более расширяется, а наши знания о природе становятся все более адекватными ей, но это не меняет того факта, что в каждый данный момент естествознание имеет дело лишь с ограниченным количеством аспектов той части объективной реальности, которая выделена имеющимися эмпирическими и теоретическими средствами и представляет собой «мир» естествоиспытателя. Выбор этих аспектов исследования природы обусловлен потребностями общественно-исторической практики человечества, условиями и логикой развития науки.

Те аспекты объективной реальности, с которыми имеет дело физика, удобно называть *физической реальностью*. В области квантовых явлений понятие физической реальности включает не только микробъект, но и *условия познания*, поскольку мы должны учитывать здесь конечную величину взаимодействия макроприбора с микробъектом. Многие авторы, ссылаясь на прежние работы Бора, говорят о наличии «принципиальной неконтролируемости» во взаимодействии микробъекта и макроприбора. Следует отметить, что термин «неконтролируемость» в данном случае является неудачным, так как он создает впечатление, что могут существовать взаимодействия, не поддающиеся физическому исследованию. На самом деле, как подчеркнул В. А. Фок¹², речь идет о логической взаимосвязи между квантовомеханическим и классическим способами описания, причем при переходе с квантового языка на классический происходит как бы утрата точности. Именно это и имел в виду Бор, говоря о «неконтролируемом взаимодействии». В самых последних своих работах он уже не применял этого термина.

В области астрофизических явлений точность информации о состоянии изучаемых объектов практически не зависит от обратного воздействия на них прибора и наблюдателя. Однако астрономия, наряду с такими объектами, как планеты, звезды, галактики, сделала объектом изучения всю систему галактик, пределов которой мы еще не достигли. Поэтому как различные количественные характеристики, приписываемые этой области, так и ее теоретические описания, даваемые различными космологическими теориями, являются экстраполяциями, иногда очень смелыми, но пока недостаточно плодотворными. Особенность ситуации, создавшейся в современной космологии, состоит в том, что для описания Метагалактики вводятся математические модели, построенные на основе общей теории относительности, причем Метагалактика отождествляется со Вселенной как целым.

Оказывается, что такие модели могут описать в определенном приближении некоторые уже известные свойства Метагалактики. В последнее время они позволили даже описать один новый факт — наличие «реликтового» микроволнового излучения в Метагалактике и распределение энергии в нем. Мы особо подчеркиваем этот успех, так как еще недавно могло казаться, что указанные модели не описывают ничего сверх тех данных, которые использовались при их построении. Таким образом, способность теории описать даже один только новый факт не следует недооценивать. Вместе с тем это обстоятельство свидетельствует о том, что упомянутые модели — не окончательные теории, а лишь первые попытки построения общей теории Метагалактики.

Вопрос же о единственности последней нельзя считать решенным. Данные современной астрофизики не исключают предположения о существовании других метагалактик. Единственное, что можно утверждать, это то, что мы пока не имеем никаких данных о них и о способах их связи и взаимодействия с нашей Метагалактикой. Вероятно, эти способы окажутся совершенно отличными от тех, которые мы можем себе так наглядно представить, как, например, мы представляем взаимодей-

ствие двух систем, находящихся на некотором расстоянии друг от друга в евклидовом пространстве.

Проблема построения и интерпретации космологических моделей приводит нас к более общей проблеме — о роли моделей в познании и их адекватности моделируемому объекту.

Несмотря на формальную безукоризненность той или иной модели, часто оказывается, что она вовсе не соответствует моделируемому объекту или удовлетворительно описывает только отдельные несущественные его стороны. Это бывает в случаях, когда исходные допущения, принятые при построении модели, далеки от условий, соответствующих реальному объекту. Интересным примером может служить модель «атома Бора», которая, базируясь на несколько измененной форме классической механики, описывала определенный, довольно узкий круг атомных явлений. Однако, строго говоря, она не была адекватна этим явлениям, так как принципы, положенные в основу модели, были неприменимы к условиям микромира. Возможность построения моделей, очень близко описывающих атомные явления, появилась лишь после создания квантовой механики.

Еще один пример. Когда А. А. Белопольский сделал свое знаменитое открытие периодического изменения лучевых скоростей цефеид, сразу же была предложена модель, объясняющая наблюдаемые явления двойственностью этих звезд. В дальнейшем, однако, выявилось полное несоответствие этой модели статистическим данным об изменениях лучевых скоростей цефеид, установленным из наблюдений. Должна была появиться смелая идея о пульсациях цефеид, чтобы на ее основе стало возможно приблизиться к действительному пониманию процессов в этих звездах. Первые модели пульсаций, исходившие из допущения об их линейном характере, были крайне грубыми и описывали лишь отдельные аспекты изучаемого явления. Только нелинейная теория пульсаций, созданная в самые последние годы, позволила описать их сравнительно адекватно. Но на этом этапе теория пульсаций получила столь значительное развитие и вместе с тем позволила обратить внимание на такое большое количество новых фактов, еще требующих истолкования, что астрофизики говорят теперь уже не столько о моделях, сколько о математическом описании сложнейших явлений в цефеидах.

До сих пор речь шла о том, что допущения, положенные в основу модели, должны быть по возможности более адекватны реальным условиям в моделируемом объекте. Но успех моделирования в решающей степени зависит от того, достаточны ли в изучаемых условиях используемые нами физические закономерности, законы и теории, в том числе и фундаментальные законы и теории физики.

Принятая сейчас форма основных законов физики базируется на изучении свойств вещества хотя и в широком, но ограниченном диапазоне физических условий. В условиях, резко отличных от уже известных, эти законы могут оказаться неприменимыми и должны будут подвергнуться дальнейшим уточнениям и обобщению, что лишь усилит их значение и расширит область их применимости. В самом деле, законы физики представляют собой обобщение определенной совокупности фактических данных, выраженное в возможно более простой и краткой форме. Однако нельзя думать, что система законов теоретической физики, полученная на каком-то определенном этапе развития науки, является абсолютно точной, законченной и не подлежащей дальнейшему обобщению. Эти законы лишь неполно, приближенно отражают объективную реальность и не только могут, но и должны подвергаться уточнениям и обобщению. (Уточнение и обобщение законов природы — это обычно единый процесс. Например, переход от классической механики к специальной теории

относительности явился и уточнением классической механики, и обобщением ее на случай больших скоростей.)

Такой взгляд исходит из анализа развития современного естествознания, которое открывает с течением времени все большее многообразие новых, ранее неизвестных явлений, качественно отличных от тех, с которыми оно имело дело прежде. Для их описания мы уже не раз оказывались вынужденными обобщать физические законы и теории.

Я хотел бы быть правильно понятым. Когда мы говорим о возможности того, что даже такие хорошо обоснованные физические теории, как квантовая механика, специальная и общая теория относительности, имеют лишь ограниченную область применимости, это может дать повод радоваться людям, для которых они являются слишком «странными» и далеко идущими в отказе от привычных представлений. На самом же деле мы хотим сказать, что там, где кончается область применимости известных сейчас фундаментальных физических теорий, должны существовать еще более необычные условия, описание которых потребует создания более общих фундаментальных теорий, еще решительнее порывающих с классическими представлениями, а не представляющих какой-то «возврат» к ним.

Критикуя некоторые стороны применения метода моделей в естествознании, особенно в той форме, какую оно приняло в астрофизике и космологии, мы, конечно, не стремимся бросить тень на сам этот метод. Все дело лишь в том, что очень часто модели строятся без предварительного (или параллельного) анализа их исходных предпосылок. Но нельзя забывать, что построение моделей оказывается полезным тогда, когда оно исходит из тщательного изучения фактических данных и, по возможности, достаточно надежных предположений. Чем более точно удастся обеспечить степень адекватности исходных предпосылок условиям, в которых происходит явление, тем более ценной может оказаться модель. Ценность модели наиболее полно выражается в том, что она позволяет предсказывать какие-то новые явления. Известно, например, что астрофизики уже десятки лет разрабатывают модели внутреннего строения звезд главной последовательности на диаграмме Герцшпрунга — Рассела, основанные, как всем нам кажется, на довольно разумных предпосылках. Но, несмотря на гигантскую по объему работу, несмотря на то, что астрофизика буквально переполнена неожиданными открытиями, на основе современной теории внутреннего строения звезд не было предсказано какого-либо принципиально нового явления, которое было бы затем обнаружено наблюдениями. С другой стороны, после открытия новых фактов их обычно удавалось «согласовать» с теорией путем введения более или менее произвольных дополнительных гипотез. Все это лишает разработанные в настоящее время модели внутреннего строения звезд значительной части их ценности, говорит об их недостаточности. Еще хуже обстоит дело с «моделями Вселенной» в космологии.

Итак, природа снова оказывается гораздо богаче представлений о ней, сложившихся в современном естествознании, а бесчисленные «сюрпризы», которые она преподносит исследователям, делают ее изучение захватывающе интересным.

3. ПРОБЛЕМА ЕДИНСТВА ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОЙ КАРТИНЫ МИРА

До начала XX в. в естествознании было общепринятым представление об универсальности законов классической механики, «сводимости» к ним всех других закономерностей природы. На основе этого представления и была построена механическая картина мира. Тому, что далеко

не всем явлениям природы удалось дать механическое объяснение, не придавалось существенного значения. Считалось, что это — временно.

Научная революция XX в. разрушила эти метафизические воззрения: стало совершенно очевидным, что многообразие известных явлений природы невозможно втиснуть в узкие механистические рамки. С другой стороны, грандиозные успехи современной физики и ее впечатляющих применений привели к соблазну считать, что некоторое новое, но опять завершенное, по крайней мере в общих чертах, единство естественно-научной картины мира может быть достигнуто на основе фундаментальных законов современной физики, т. е. вся совокупность известных явлений природы — физических, астрофизических, химических, геологических, биологических и т. д., причем как уже известных, так и еще не открытых — может быть сведена к этим законам.

Между тем ясно, что хотя при изучении, например, явлений жизни методами физики мы имеем дело с обычными физическими процессами, но чрезвычайно сложная структура молекул, белков, наследственного вещества хромосом и клетки в целом определяет ряд специфических новых качеств живого, которые и изучаются биологией (применение к этим системам принципа дополнительности Бора выявляет серьезные трудности, относящиеся к описанию состояния этих систем; их дальнейшее изучение может привести к новым способам описания, адекватным системам данного типа).

Для дальнейшего обсуждения вопроса о возможности «сведения» явлений жизни к физике мы остановимся на двух важнейших тенденциях в развитии современного естествознания. Первая из них, которую можно назвать аналитической, заключается в сведении изучаемых нами сложных явлений к простым и, далее, в нахождении наиболее простых и вместе с тем возможно более общих закономерностей природы. Например, разнообразие планетных движений и их возмущений удалось свести к закону тяготения Ньютона. Многие свойства вещества удалось объяснить на основе представления, что во всех трех агрегатных состояниях вещества — твердом, жидком и газообразном — оно состоит из молекул и атомов. Сложнейшая структура атомных и молекулярных спектров была описана исходя из относительно простых и общих законов квантовой механики. Все разнообразие химических соединений удалось свести всего лишь к сотне с небольшим элементов периодической системы Менделеева. Таким образом, аналитический метод одерживал победу за победой (иногда заставляя нас, естествоиспытателей, думать, что только он является единственным подлинно научным методом познания природы).

Но история естествознания за последнее столетие свидетельствует о том, что блестящие успехи в познании природы часто являлись также результатом применения синтетического метода, возникшего из тенденции выводить закономерности сложных явлений на основе знания элементарных (часто называемых фундаментальными) законов природы. Простейшим примером может служить создание кинетической теории газов. Совершенно очевидно, что рассмотрение поведения отдельной молекулы не позволяет вывести законы идеальных газов, тогда как статистическое рассмотрение ансамбля молекул дает возможность построить кинетическую теорию не только идеальных, но и реальных газов. При этом в ансамбле из большого числа частиц появляются новые свойства — как следствие не только свойств отдельной молекулы, но, в значительно большей степени, статистических закономерностей, присущих только ансамблю частиц (диффузия, теплопроводность и др.). На этом простом примере мы видим, что система обладает закономерностями, качественно отличными от тех, которыми обладает каждый ее элемент в отдельности. Еще

более поразительны свойства тел с упорядоченным расположением частиц, о чем свидетельствуют, например, явления проводимости, сверхпроводимости, ферромагнетизма. (И было бы неверно считать, что исследования на основе синтетического метода — не наука, а так сказать, уже ее приложения.) Очень важную роль синтетический метод играет в астрономии. Теория переноса излучения в газовых туманностях, теория внутреннего строения звезд, теория звездных систем — примеры подобного синтеза. Выясняется, что астрономии необходим не только теоретический синтез систем, состоящих из атомов, но и синтез, например, нейтронных и гиперонных конфигураций звездных масс, т. е. конфигураций, состоящих из элементарных частиц^{13, 14}.

Если в астрономии синтез производится теоретически и преследует цель глубже понять изучаемый космический объект, то в лабораторной физике, химии, биологии наряду с теоретическим синтезом большую роль играет экспериментальная реализация сложных систем, как предварительно рассмотренных теоретически, так и построенных методом проб и ошибок.

Чем выше уровень организации системы, тем в большей степени на первый план выдвигаются взаимосвязь и взаимодействие ее элементов. В результате у системы появляются все более сложные качества, закономерности которых могут оказаться настолько существенными для системы, что элементарные законы, которым подчиняются отдельные части этой системы, начинают играть лишь подчиненную роль. В этом смысле биологические системы должны рассматриваться как результат естественного синтеза, ведущего к появлению новых свойств, по сравнению с которыми первоначальные физико-химические свойства элементов этих систем являются тривиальными, и просто смешно «сводить» живые организмы к простой сумме составляющих ее элементов. (Разумеется, многие менее существенные свойства живых организмов могут получиться именно путем простого суммирования; например, вес организма равен сумме весов его элементов и т. д.)

Синтетические тенденции в развитии естествознания оказали огромное влияние на современную технику. Атомные котлы, полупроводники, тонкий химический синтез — все это примеры возникновения, в результате научных открытий, целых направлений новой техники. Можно упомянуть и такие факты, когда области науки, созданные на основе синтетического метода и уже получившие широкое применение в технике, продолжают свое дальнейшее развитие в рамках науки. Примером может служить создание лазеров и мазеров. Вероятно, такое же положение еще долго будет иметь место в отношении синтеза белка.

Подобно тому как аналитический метод, несмотря на все свои успехи, не привел и не может привести к установлению каких-то «окончательных» и «самых общих» законов элементарных явлений, так и успехи синтетического метода при всем его могуществе и значении для самых разных областей естествознания не дают оснований считать, что мы находимся на пороге синтеза «окончательной», хотя бы в основных чертах, единой естественнонаучной картины мира, в которой остались только мелкие «недоделки», в частности в области физики высоких энергий. Подобные взгляды, высказываемые время от времени довольно многими естествоиспытателями, представляются такими же наивными, как и гордая уверенность физиков конца XIX в. в том, что на долю потомков в их науке не останется почти ничего существенного. Лорд Кельвин был одним из очень немногих, заметивших на небосводе классической физики два «маленьких» облачка: «ультрафиолетовую катастрофу» в теории излучения и отрицательный результат опыта Майкельсона при попытке обнаружить

скорость Земли относительно эфира. Но из этих двух «облачков» родились такие научные исполины, как квантовая механика и теория относительности! В наши дни аналогичное положение сложилось в астрономии.

Занимаясь теоретическим синтезом звездных систем, состоящих из большого числа звезд, астрономы смогли понять многие свойства звездных групп, скоплений и галактик. Еще в конце 40-х годов казалось, что ядра галактик также состоят из одних только звезд. Однако наблюдения показали, что явления в ядрах галактик — прежде всего происходящие в них грандиозные взрывы, по сравнению с которыми взрывы сверхновых, считавшиеся до тех пор самыми мощными процессами выделения энергии в природе, кажутся детскими игрушками, — нельзя объяснить, если считать их совокупностями звезд. Оказалось, что в состав, по крайней мере некоторых, ядер галактик входят отличные от звезд сверхмассивные тела, способные к таким взрывам. В настоящее время есть веские основания допустить, что процессы, обуславливающие эти взрывы, вряд ли смогут быть описаны в рамках известных физических законов. То же самое следует сказать и о процессах выделения энергии в открытых в 1963 г. квазарах.

Те физики, которые считают, что известные сейчас фундаментальные физические теории достаточны для описания всего многообразия явлений во Вселенной, сначала с недоверием отнеслись к фактам, свидетельствующим о громадных запасах энергии в ядрах многих галактик, а когда такие факты были установлены вполне надежно, пытаются объяснить их с точки зрения известных физических представлений, например на основе механизма гравитационного коллапса. Но поскольку новые исследования показывают, что этим ничего добиться нельзя, их точка зрения об универсальности фундаментальных теорий современной физики буквально повисает в воздухе. Здесь уместно вспомнить глубокую мысль Гейзенберга: «...Переход точных естественных наук от ранее исследованных областей опыта к новым областям никогда не будет означать простого применения уже известных законов к этим новым областям. Наоборот, действительно новые области опыта всегда будут вести к возникновению новых систем научных понятий и законов, не хуже старых поддающихся рациональному анализу, но обладающих существенно отличной природой»¹⁵.

С нашей точки зрения, идея о том, что бесконечное число *явлений* природы может быть понято на основании ограниченного числа фундаментальных законов и теорий, является недостаточной. Природа бесконечна в своем многообразии даже в отношении *уровня законов*, т. е., какие бы общие и «окончательные» законы, описывающие фундаментальные свойства материи, мы ни установили, они всегда в принципе имеют лишь ограниченную область применимости. Следовательно, любая единая естественнонаучная картина мира представляет собой лишь относительно заверченный теоретический синтез знаний и по мере дальнейшего исследования природы будет сменяться новыми, но всегда лишь относительно завершенными «единицами картин мира» все большей степени общности и точности.

4. ПРОБЛЕМА РАЗВИТИЯ В СОВРЕМЕННОМ ЕСТЕСТВОЗНАНИИ

Хорошо известно, что идея развития пробила себе дорогу в естествознании уже в конце XVIII в. Мы имеем в виду знаменитую космогоническую гипотезу Лапласа, историческое значение которой трудно переоценить. Однако конкретная форма идеи развития в естествознании того времени — форма механистического эволюционизма — была еще крайне

несовершенна. Кроме того, многие естествоиспытатели, быть может, бессознательно находясь под сильным влиянием примеров циклической (периодической) смены явлений, хорошо известных из повседневной жизни (смена дня и ночи, смена времен года, сезонные изменения в природе и т. д.), рассматривали развитие как механический круговорот, в котором происходит интеграция систем из некоторых «простейших» элементов и последующий распад их на эти же элементы, причем каждый цикл развития завершается возвращением к исходному пункту. Правда, дальнейшее проникновение идеи развития в естественные науки все больше подрывало как механистический эволюционизм (огромное значение здесь имело создание теории Дарвина и впоследствии теории мутаций), так и представление о механическом круговороте (открытие принципа возрастания энтропии и его применение к все большему числу все более разнообразных систем).

Все же в некоторых областях естествознания механистический эволюционизм находил себе убежище вплоть до конца первой трети XX в., например в астрономии, где ряд специфических трудностей изучения космогонических процессов и отсутствие достаточного количества эмпирических данных приводили к появлению великого множества необоснованных, часто лишенных эвристической ценности «космогонических гипотез». В этих гипотезах принималось, что все состояния небесных объектов почти стационарны, так что их эволюция состоит в плавном, крайне медленном переходе от одного стационарного состояния к другому стационарному состоянию.

В соответствии с традицией, восходящей к космогоническим гипотезам XVIII—XIX вв., считалось, что все небесные тела возникли из некогда существовавшей протяженной туманности. Тот факт, что в нашей Галактике мы не наблюдали очень больших масс диффузной материи и подавляющая часть ее вещества сосредоточена в звездах, с этой точки зрения означал, что процесс образования звезд Галактики в основном завершился в какую-то отдаленную эпоху в прошлом, причем Галактика в ее современном состоянии не переживает сколько-нибудь быстрого, доступного наблюдениям развития.

Очевидно, однако, что при изучении эволюции того или иного объекта особенно важно исходить не из априорных допущений, а из анализа свойств данного объекта, выведенных на основе обобщений наблюдательных данных, поскольку каждому уровню материального мира соответствуют не только свои собственные структурные, но и отличные от других уровней эволюционные закономерности.

Ясно также, что закономерности развития объекта на любом структурном уровне организации материи могут быть обусловлены такими факторами, которые мало заметны при рассмотрении стационарных, равновесных состояний объекта, так что особое внимание следует обратить на поиски и изучение нестационарных, неравновесных состояний различных объектов, тем более что уже сравнительно давно астрономия открыла много типов космических тел, в которых происходят относительно быстрые изменения, иногда носящие катастрофический характер.

Исследования, основанные на систематическом применении такого подхода, были начаты нами впервые в 30-х годах в Ленинградском университете и продолжают сейчас в Бюраканской обсерватории. Они привели к формулировке новых представлений о темпах и путях развития многих типов звезд и звездных систем.

Анализ наблюдательных данных относительно стационарности или нестационарности звезд и звездных групп, входящих в Галактику, показал, что наша Галактика, в противоположность общепринятым ранее

представлениям, является системой, в которой происходят бурные и подчас весьма быстрые изменения.

Применение принципов звездной динамики к открытым звездным скоплениям привело к выводу, что, даже если такие скопления находятся в «стационарном» состоянии, в результате взаимодействия звезд они должны как бы «испаряться». В результате этого процесса многие скопления должны будут исчезнуть в течение всего лишь нескольких сотен миллионов лет, а некоторые из них — даже в течение немногих десятков миллионов лет.

Такому же анализу была подвергнута совокупность визуально-двойных звезд Галактики. Выяснилось, что процессы распада звездных пар, происходящие вследствие их встреч со звездами окружающего поля, доминируют над процессами возникновения новых пар при случайных сближениях звезд.

Количество одиночных звезд в общем звездном поле Галактики постоянно растет за счет распада скоплений и визуально-двойных звезд, причем этот процесс идет только в одном направлении. Таким образом, *распад и рассеяние* (в полном соответствии со вторым началом термодинамики) характеризуют *общую направленность* процессов в нашей Галактике и, как оказалось впоследствии, также в других галактиках.

В этих работах также было сформулировано понятие «короткой шкалы» возраста Галактики и образующих ее звезд¹⁶. Согласно «долгой шкале», принятой в начале 30-х годов, предполагалось, что возраст звезд Галактики составляет 10^{12} — 10^{13} лет. Но открытие неизбежного распада звездных групп и скоплений за сравнительно короткие сроки свидетельствовало, что Галактика в ее современном состоянии не может иметь возраст, превосходящий (по порядку величины) 10^9 — 10^{10} лет.

В 30—40-е годы были получены новые важные данные о направленности процессов в звездных системах и о возрастах звезд в Галактике.

Факты доказывали, что возникновение туманностей из звезд — довольно распространенное явление. Наоборот, мы не знаем пока ни одного случая, когда из диффузной материи возникал бы плотный объект, хотя такие переходы, допускавшиеся в старых космогонических гипотезах, допускаются и во многих распространенных до сих пор космогонических теориях.

В результате работ бюраканских астрономов в конце 40-х годов было установлено существование нового типа звездных систем — звездных ассоциаций — недавно возникших групп звезд, распадающихся непосредственно после своего рождения¹⁷. Эти системы в своем большинстве оказались нестационарными в полном смысле слова, поскольку входящие в них звезды быстро удаляются друг от друга. Тем самым оказалась нестационарной и наша Галактика, поскольку процесс возникновения новых звезд (в виде звездных ассоциаций) продолжается в ней и в современную эпоху.

Вместе с тем это открытие явилось сильным аргументом в пользу представления о *рассеянии* вещества из первоначальных малых объемов как важнейшей части процесса космической эволюции. С другой стороны, наблюдения по-прежнему не давали никаких указаний относительно возможности перехода из диффузного состояния в более плотное состояние.

Дальнейшие исследования, особенно в области внегалактической астрономии, привели к обнаружению многочисленных новых свидетельств в пользу того, что во Вселенной процессы развития связаны с рассеянием вещества, т. е. с переходом от более плотного вещества к менее плотному, в противовес устаревшим взглядам о сгущении космических тел из разреженной материи.

В 50-х годах было показано существование значительного процента явно нестационарных групп и систем также среди галактик, их групп и скоплений. Для очень многих групп и скоплений галактик была обнаружена большая дисперсия скоростей, что свидетельствует о неустойчивости соответствующих групп. Для объяснения этого явления было выдвинуто следующее представление: галактики каждого скопления с момента его возникновения получили столь большие скорости, что силы взаимного притяжения недостаточны для сохранения скопления как системы. Более того, оказалось, что среди кратных галактик процент неустойчивых систем типа Трапедии во много раз выше, чем среди кратных звезд. Иными словами, вместо отдельных проявлений нестационарности мы наблюдаем повсеместные процессы распада скоплений и групп галактик¹⁸.

Новые возможности изучения нестационарных явлений в галактиках дало открытие радиогалактик, которые являются резко нестационарными объектами и могут испускать радиоизлучение лишь в течение коротких промежутков времени. Хотя длительность их радиоизлучения измеряется миллионами лет, все же этот срок мал по сравнению с возрастом галактик. Иными словами, радиогалактики — краткая, переходящая фаза эволюции галактик.

Именно изучение радиогалактик привело к обоснованию идеи о гигантских взрывных процессах, происходящих в ядрах галактик. Если тот период в жизни галактики, когда она испускает интенсивное радиоизлучение, назвать радиовспышкой галактики, то, как было показано, радиовспышка галактики является результатом гигантского взрыва в ее ядре. Представление о взрывах в ядрах галактик встретило сначала огромное сопротивление со стороны тех астрономов, которые продолжали считать, что космическая эволюция заключается прежде всего в концентрации диффузного вещества. В противовес представлению о взрывах была предложена и приобрела широкую популярность ни на чем не основанная гипотеза о том, что причиной радиовспышек являются столкновения галактик. Понадобилось почти десять лет, чтобы эта необоснованная и неплодотворная гипотеза потеряла всякий научный кредит. Однако даже для сторонников представления о взрывах в ядрах галактик оказались неожиданными те прямые подтверждения, которые это представление получило уже в начале 60-х годов, когда был открыт взрыв, происшедший всего 1,5 млн. лет назад в ядре галактики M82 и изучены движения в окрестных областях так называемых сейфертовских галактик. Тем самым было обосновано введенное несколько ранее понятие *космогонической активности* ядер галактики. Дальнейшим подтверждением этих идей явилось открытие квазизвездных радиоисточников (квазаров).

При изучении нестационарных процессов в ядрах галактик и квазизвездных объектах мы имеем дело с изучением концентрации огромных масс в относительно малых объемах. Речь идет о массах порядка 10^{10} (а иногда даже более) солнечных масс, сосредоточенных в объемах, во много раз меньших, чем объем какого-либо звездного скопления. Речь идет о превращениях вещества, при которых плотность меняется в миллиарды раз, а напряженность гравитационного поля может достигать неслыханных величин. Как уже говорилось, нет и не может быть никакой гарантии, что известные нам законы физики соблюдаются и в этих условиях. И совсем неудивительно поэтому, если окажется, что имеющиеся сейчас большие трудности теоретического истолкования ряда нестационарных процессов могут перерасти с течением времени в прямое противоречие с известными нам законами теоретической физики.

Попытки математической формулировки части таких процессов были впервые сделаны Иорданом¹⁹. Он считал, что его построения относятся к происхождению звезд. На самом деле они, вероятно, более применимы к вопросу о происхождении галактик.

Итак, хотя длительность космогонических процессов в большинстве случаев велика по сравнению с периодом астрономических наблюдений, в жизни космических тел и их систем есть и такие этапы, когда в них возникают, в ходе самого процесса развития, новые силы, коренным образом меняющие их состояние. Быстрота происходящих при этом изменений создает возможность либо наблюдать эти изменения непосредственно (вспышки новых, сверхновых и т. д.), либо делать выводы о них на основе очень ясных косвенных данных (распад открытых звездных скоплений и звездных ассоциаций, взрывы в ядрах галактик).

Стоит отметить любопытный с точки зрения истории науки курьез: те астрономы, которые не понимали роли нестационарных объектов в космической эволюции, обычно бывали склонны закрывать глаза на трудности, связанные с их истолкованием, рассматривая их как каких-то «уродов», выходящих за рамки общих закономерностей развития.

Однако правильной оказалась противоположная точка зрения, исходящая из того, что нестационарные процессы представляют собой *закономерные* фазы космической эволюции, хотя в каждый данный момент процент космических объектов, переживающих поворотную эпоху развития, обычно мал и, во всяком случае, гораздо меньше, чем процент объектов, находящихся в стационарном состоянии (например, число звезд в ассоциациях мало по сравнению с числом звезд в общем поле Галактики).

Нестационарные состояния обычно являются поворотным пунктом в развитии объекта, связанным с рождением новых тел (например, звездные ассоциации) или с переходом объекта из одного класса в другой (например, вспышки сверхновых, приводящие к превращению звезды в туманность).

Следовательно, подробное изучение нестационарных или переходных явлений открыло путь для более полного понимания эволюции космических объектов. В самом деле, до середины 30-х годов, когда были получены первые важные данные относительно нестационарных объектов, эволюционные идеи не играли в астрофизике существенной роли, хотя большинство астрофизиков прекрасно понимали, что они имеют дело с изменяющимися, развивающимися объектами. И если сегодня вся астрофизика оказалась буквально пронизанной идеей эволюции звезд, звездных скоплений и галактик, то это, несомненно, явилось результатом большого внимания к изучению нестационарных объектов во Вселенной.

Современная космогония свидетельствует о том, что важнейшей чертой процессов развития космических объектов является их *необратимый* характер. Циклические изменения в них если и происходят, то лишь как элементы общего необратимого изменения структуры этих объектов. В сущности, когда в естествознании говорят о развитии той или иной системы, то всегда имеют в виду именно необратимое изменение ее структуры, в ряде важных, но частных случаев принимающее форму прогресса и регресса²⁰.

Итак, революция в естествознании XX в. сделала актуальными среди других и такие философские вопросы, как проблема субъекта и объекта познания, проблема построения единой естественнонаучной картины мира (включающая вопрос о степени общности и границах применимости фундаментальных законов и теорий современной физики), проблема развития. Выводы из анализа этих проблем находятся в соответствии с основ-

ными положениями диалектического материализма. Факт остается фактом: многим естествоиспытателям, к числу которых я отношу и самого себя, философия диалектического материализма помогала и помогает в осмыслении ряда трудных проблем. Конечно, эта философия не представляет собой какой-то догмы или универсального рецепта на все случаи жизни. Она является определенным *способом мышления*, который может привести к интересным и плодотворным результатам. Вот почему я присоединяюсь к тем авторам, которые считают необходимым тесное сотрудничество философов и естествоиспытателей в решении принципиальных проблем наук о природе.

В заключение доклада я должен выразить глубокую благодарность кандидату философских наук В. В. Казютинскому, который принял самое деятельное участие в его составлении. Если доклад представляется только от моего имени, то лишь потому, что за высказанные в нем взгляды в конечном счете должен отвечать я.

Академия наук АрмССР,
Бюраканская астрофизическая обсерватория

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. A. Einstein, On the Method of Theoretical Physics, Oxford, 1933.
2. С. Л. Рубинштейн, Бытие и сознание, М., 1957.
3. П. В. Копнин, Диалектика как логика, Киев, 1961; Введение в марксистскую гносеологию, Киев, 1966.
4. В. А. Лекторский, Проблема субъекта и объекта в классической и современной буржуазной философии, М., 1965.
5. М. А. Марков, О природе физического знания, Вопросы философии № 2 (1947).
6. В. А. Фок, Об интерпретации квантовой механики, в сб. «Философские вопросы современной физики», М., 1959.
7. М. Э. Омельяновский, Философские вопросы квантовой механики, М., 1956; Философская эволюция копенгагенской школы физиков, Вестник АН СССР, № 9 (1962).
8. С. Г. Суворов, Проблема «физической реальности» в копенгагенской школе, УФН 62 (2), 141 (1957); Философские воззрения Эйнштейна, их взаимосвязь с его физическими взглядами, УФН 66 (3), 537 (1965).
9. П. С. Дышлево, Объект, субъект и условия познания в физике, в сб. «Методологические проблемы теории измерений», Киев, 1966.
10. N. Bohr, Atomic Physics and Human Knowledge, New York, 1958.
11. W. Heisenberg, Kvanteteorien og dens fortolkning, в сб. «Niels Bohr. Hans liv og virke...», København, 1964.
12. В. А. Фок, Замечания к статье Бора о его дискуссиях с Эйнштейном, УФН 66 (4), 599 (1958).
13. J. R. Oppenheimer, G. M. Volkoff, On Massive Neutron Cores, Phys. Rev. 55 (3) (1939).
14. В. А. Амбарцумян, Г. С. Саакян, О вырожденном сверхплотном газе элементарных частиц, Астрон. ж. 37 (2) 193 (1960).
15. W. Heisenberg, Philosophical Problems of Nuclear Science, New York, 1952 (см. перевод: В. Гейзенберг, Атомная физика и философия, М., ИЛ, 1953).
16. В. А. Амбарцумян, Космогония и современная астрофизика, «Научные труды», т. 2, Ереван, 1960, стр. 81.
17. В. А. Амбарцумян, Звездные ассоциации, там же, стр. 7.
18. V. A. Ambartsumian, On the Evolution of Galaxies, в сб. «La structure et l'évolution de l'univers», Bruxelles, 1958.
19. P. Jordan, Schwerkraft und Weltall, 2. erw. Aufl., Braunschweig, 1955.
20. В. В. Казютинский, Философское значение достижений современной космогонии, в сб. «Логика и методология науки», М., 1967.