



НИКОЛАЙ НИКОЛАЕВИЧ
БОГОЛЮБОВ

PERSONALIA

53(092)

НИКОЛАЙ НИКОЛАЕВИЧ БОГОЛЮБОВ**(К семидесятилетию со дня рождения)**

Крупнейший ученый современности — академик Николай Николаевич Боголюбов родился 21 августа 1909 г. в Нижнем Новгороде (ныне г. Горький). Свою научную деятельность Н. Н. Боголюбов начал в Киеве, где с тринадцати лет он стал работать в семинаре академика Н. М. Крылова, и уже в 1924 г. написал свою первую научную работу.

Начальный период научного творчества Н. Н. Боголюбова был посвящен ряду математических вопросов — прямым методам вариационного исчисления, теории почти-периодических функций, методам приближенного решения дифференциальных уравнений, динамическим системам.

Уже ранние исследования молодого ученого по разработке прямых методов-решения экстремальных задач создали ему широкую известность. Одна из работ этого цикла была удостоена премии Академии наук Болоньи.

В эти же годы Н. Н. Боголюбов дал новое построение теории равномерных почти-периодических функций, вскрыв глубокую связь этой теории с общей теоремой о поведении линейных комбинаций значений произвольной ограниченной функции.

Начиная с 1932 г. Н. Н. Боголюбов совместно со своим учителем Н. М. Крыловым приступил к разработке совершенно новой области математической физики — теории нелинейных колебаний, названной ими нелинейной механикой. Исследования были направлены на разработку новых методов асимптотического интегрирования нелинейных уравнений, описывающих колебательные процессы. Н. Н. Боголюбов создал новый математический аппарат изучения общих неконсервативных систем с малым параметром. В работах, посвященных этой проблеме, исследован характер точного стационарного решения вблизи приближенного решения при достаточно малом значении параметра и установлен ряд теорем о существовании и устойчивости квазипериодических решений.

Среди сформулированных и развитых Н. Н. Боголюбовым методов в нелинейной механике особенно важное значение имеют метод усреднения и метод интегральных многообразий, ставшие в настоящее время классическими.

Основополагающие идеи и фундаментальные результаты Н. Н. Боголюбова в нелинейной механике составляют основу многих современных исследований по общей механике, механике сплошной среды, небесной механике, механике твердого тела и гироскопическим системам, теории устойчивости движения, теории управления, регулирования и стабилизации, механике космического полета, математической экологии и другим направлениям естествознания и техники.

Большое значение для последующего развития не только нелинейной механики, но и общей теории динамических систем имели работы Н. Н. Боголюбова по качественному исследованию уравнений нелинейной механики, которые привели, по существу, к новому построению теории инвариантной меры. Основой этой теории явилось понятие эргодического множества и ряд тонких теорем о возможности разбиения инвариантной меры на неразложимые инвариантные меры, локализованные в эргодических множествах. Все эти понятия давно уже стали классическими в современной теории случайных процессов.

Разработанные Н. Н. Боголюбовым математические методы исследования динамических систем позволили ему принципиально по-новому подойти к проблемам механики систем, состоящих из большого числа частиц. В ранних работах этого цикла (первая из них относится к 1939 г.) был рассмотрен вопрос о появлении стохастических закономерностей, традиционно описываемых уравнением Фоккера — Планка, в динамических системах, подверженных случайному воздействию термостата. Прежде всего

на примере точно решаемой модели были выявлены общие закономерности процесса эволюции статистической системы и установления в ней состояния равновесия. Оказалось, что описывающий поведение системы случайный процесс в зависимости от выбора шкалы времени можно рассматривать как динамический, марковский, а в общем случае — немарковский процесс. Тем самым впервые было введено понятие об иерархии времен в неравновесной статистической физике, которое оказалось ключевым во всем дальнейшем развитии статистической теории необратимых процессов.

Крупнейшим вкладом Н. Н. Боголюбова в статистическую механику неидеальных классических систем явились работы, составившие его широко известную монографию «Проблемы динамической теории в статистической физике» (1946), в которой был разработан метод цепочек уравнений для равновесных и неравновесных многочастичных функций распределения.

Установленные в этих работах новые для физики понятия озаменовали новый этап развития статистической механики, следующий за этапом, восходящим к работам Гиббса и Больцмана. В настоящее время ни одно серьезное исследование по теории неидеальных систем, как в классической, так и в квантовой статистике, не обходится без использования в той или иной модификации разработанного Н. Н. Боголюбовым формализма корреляционных функций и боголюбовской иерархии уравнений для них.

Исследуя цепочку уравнений для функций распределения в случае статистического равновесия, Н. Н. Боголюбов предложил регулярные методы для наиболее важных физических случаев — короткодействия (газ малой плотности) и дальнего действия (система с кулоновским взаимодействием) в виде разложения по малому параметру или по обратным степеням удельного объема, отнесенного к кубу радиуса взаимодействия, или степеням удельного объема, отнесенного к кубу дебаевского радиуса.

В неравновесных системах эти разложения функций распределения из-за появления секулярных слагаемых пригодны лишь для очень малых промежутков времени. Разрешение этой трудности и связанная с ним возможность развития регулярных методов теории возмущений в неравновесной статистической механике было обусловлено применением особого варианта развитых ранее методов нелинейной механики и установленного Н. Н. Боголюбовым важнейшего физического понятия — существования разных масштабов времени.

Физически осмысленное понятие одночастичной функции распределения появляется лишь в некотором приближении при переходе к масштабам времени, большим по сравнению с временем ослабления корреляций. Для такой функции распределения уже можно получить замкнутое кинетическое уравнение, например, больцмановского типа.

Для вывода самого кинетического уравнения вместо больцмановской гипотезы молекулярного хаоса, связанной с пренебрежением корреляциями между динамическими состояниями сталкивающихся частиц, Н. Н. Боголюбов предложил новый физический подход, в котором условия ослабления корреляций используются в качестве граничных условий, налагаемых на всякое начальное условие, совместное с рассматриваемым частным случаем, благодаря чему явная структура интеграла столкновений получается уже на динамическом уровне. Этот метод не только позволяет получить основной больцмановский член, но и дает возможность исследовать более высокие приближения.

Продолжая исследование характера эволюции системы, Н. Н. Боголюбов показал, что дальнейший ее этап, являющийся уже гидродинамическим, связан с переходом к еще более грубому масштабу времени, значительно превышающему время свободного пробега частиц (т. е. время образования локальных термодинамических характеристик). На этом этапе эволюции сама одночастичная функция распределения зависит от гидродинамических параметров системы (локальная скорость, плотность, удельная внутренняя энергия). Для последних же величин Н. Н. Боголюбов построил замкнутую систему гидродинамических уравнений, исходя непосредственно из уравнения Лиувилля, минуя кинетическое уравнение (1948). Эта идея, логически завершая описание эволюции многочастичных систем, оказала большое влияние на дальнейшее развитие теории неравновесных процессов.

Столь же фундаментальные результаты были получены Н. Н. Боголюбовым и в квантовой статистике. Обобщая метод классических корреляционных функций на случай квантовых статистических систем, он построил цепочки уравнений для равновесных и неравновесных статистических операторов и предложил метод построения кинетических уравнений в квантовом случае (1947). Идея разномасштабности микроскопических процессов в статистических системах была использована им впоследствии при построении уравнений гидродинамики сверхтекучей жидкости (1963).

В последнее время Н. Н. Боголюбов вновь вернулся к рассмотрению общих вопросов эволюции статистических систем. В своих работах 1975—1978 гг. он значительно углубил понимание переходных процессов в неравновесных системах и вскрыл микроскопическую структуру больцмановского приближения в кинетике. Предложенная им ранее схема развития стохастических процессов для малой системы (состоящей, возможно, даже из одной частицы), слабо взаимодействующей с большой системой, в соединении с новой эффективной и, как всегда, по-боголюбовски мощной техникой

позволило ему с единой точки зрения подойти к проблеме описания всех фаз эволюции, включая кинетическую, с учетом высших корреляций частиц, и гидродинамическую стадию эволюции.

Имя Н. Н. Боголюбова неразрывно связано с рождением современной теории неидеальных квантовых макросистем.

В своем докладе на собрании Отделения физико-математических наук АН СССР в 1946 г. Н. Н. Боголюбов дал блестящее по простоте и тонкости физического анализа объяснение явления сверхтекучести. Он показал, что явление сверхтекучести в бозе-системах со слабым взаимодействием обусловлено появлением в системе конденсата, причем, если конденсат термодинамически устойчив, то взаимодействие не разрушает, а наоборот, стабилизирует это состояние. Н. Н. Боголюбов построил наиболее адекватный явлению математический аппарат. Образование конденсата учитывалось выделением классической составляющей из операторной волновой функции, а для диагонализации квантовой части гамильтониана было применено каноническое преобразование, широко известное сейчас как преобразование Боголюбова. Это преобразование, определяющее невзаимодействующие в первом приближении квазичастицы, позволило установить, что основную роль в стабилизации конденсата играет корреляция пар частиц с противоположными импульсами. В результате этих исследований была построена микроскопическая теория сверхтекучести, которая позволила последовательно описать энергетический спектр сверхтекучей системы и объяснить соотношение между сверхтекучим и нормальным состояниями. Современные исследования по проблеме неидеального бозе-газа начинаются с боголюбовского спектра и боголюбовской структуры основного состояния в качестве исходной точки, с которой начинаются дальнейшие исследования системы.

Общность определенных в докладе новых понятий, в частности, связь устойчивости классического состояния с положительной определенностью квантовой части гамильтониана, далеко превосходила потребности рассмотренной задачи, и сейчас уже можно сказать, что они вошли в число классических понятий статистической физики и квантовой теории поля.

В сентябре 1957 г. Н. Н. Боголюбов применил свое каноническое преобразование, обобщенное на фермионные операторы, к последовательному построению теории сверхпроводимости на основе модели Фрелиха, учитывающей электрон-фононное взаимодействие в металлах. Вакуум квазичастиц, определяемых этим преобразованием, представляет собой состояние с неопределенным числом частиц — своеобразный конденсат, в образовании которого основную роль играет корреляция частиц с противоположно направленными импульсами и спинами. Устойчивость этого конденсата и определяет особые свойства сверхпроводящего состояния. Метод канонического преобразования, наиболее адекватно учитывающий существование куперовских пар вблизи поверхности Ферми, оказался наиболее мощным средством исследования энергетического спектра сверхпроводников. В результате было установлено, что помимо возбуждений фермионного типа, связанных с разрушением коррелированных пар и характеризующихся определенным значением энергетической щели, в системе имеются и коллективные бозевские бесщелевые возбуждения, наличие которых имеет принципиальное значение (1958).

Таким образом, в работах Н. Н. Боголюбова 1957 г. независимо и почти одновременно с работой Бардина, Купера, Шриффера была создана микроскопическая теория сверхпроводимости.

Развитие понятия о сверхпроводимости как о сверхтекучести ферми-систем привело Н. Н. Боголюбова к открытию нового фундаментального эффекта сверхтекучести ядерной материи (1958). В настоящее время понятие о сверхтекучести ядерной материи служит основой современной теории ядра.

Дальнейшие исследования Н. Н. Боголюбова показали, что стабилизация конденсата в неидеальных системах является следствием вырождения по числу частиц — свойства, характерного для систем с бесконечным числом степеней свободы. Изучение свойств системы с вырождением привело Н. Н. Боголюбова к формулировке широко известного ныне метода квазисредних (1961). В соединении с развитым им методом двухвременных температурных функций Грина (1959) и техникой спектральных разложений этот метод, по существу, является универсальным средством изучения систем, основное состояние которых неустойчиво относительно малых возмущений (для сверхпроводника — относительно источника пар, ферромагнетика — включения малого магнитного поля).

Важнейшим достижением метода квазисредних является фундаментальная теорема Боголюбова (1961), показывающая, что при спонтанном нарушении симметрии в системе всегда возникает дальное действие. Эта теорема позволила решить принципиальный вопрос о структуре энергетического спектра низколежащих элементарных возбуждений в неидеальных бозе- и ферми-системах, связав его с требованием гравитной инвариантности рассматриваемых моделей.

Идеи и методы, развитые Н. Н. Боголюбовым при изучении неидеальных квантовых систем, кроме своего огромного влияния на развитие современной статистической

физики, оказались чрезвычайно плодотворными при изучении важнейших вопросов квантовой теории поля, связанных с проблемой вырождения и устойчивости вакуума, причем сама идея о возможной неустойчивости вакуума в квантовой теории поля возникла благодаря его исследованиям.

С начала 50-х годов внимание Боголюбова привлекла квантовая теория поля. Его работы в этой области прежде всего привели к появлению новых понятий. К этому времени квантовая теория поля имела лишь один эффективный аппарат — теорию возмущений, и основной порок этого аппарата — ультрафиолетовые расходимости — устранялся после псевдонаглядных рассуждений о возможности ренормировки массы и заряда. В работах Н. Н. Боголюбова подчеркивалось, что взгляд на расходимости как на недостаток теории связан, по существу, с прямым перенесением в квантовую теорию поля привычных понятий макрофизики. Природа этих расходимостей коренится в основном представлении микрофизики, в которой элементарная частица понимается как квант локального волнового поля. Поэтому адекватный математический аппарат должен органически включать в себя обобщенные функции.

В своих исследованиях по квантовой теории поля Н. Н. Боголюбов отказался от обычного гамильтонова формализма и принял за основу теории введенную Гейзенбергом S -матрицу. В его работах начала 50-х годов показано, что S -матрицу можно во всех порядках теории возмущений восстановить по лагранжиану взаимодействия, требуя лишь выполнения основных физических принципов теории релятивистской инвариантности, спектральности, унитарности и причинности. Особую роль в этих и последующих работах сыграла разработка нового принципа причинности, ныне хорошо известного как «условие микропричинности Боголюбова».

Доказанная Н. Н. Боголюбовым теорема о том, что матрица рассеяния во всех порядках теории возмущений последовательно определяется с точностью до квазилокальных операторов, причем причина неоднозначности кроется в сингулярной природе коэффициентных функций S -матрицы, указала на природу ультрафиолетовых расходимостей и позволила указать последовательную схему их устранения — операцию Боголюбова (1955). Построенная таким образом теория возмущений является, по существу, чисто аксиоматической — первой последовательной аксиоматической схемой в квантовой теории поля.

Доклад Н. Н. Боголюбова на конференции в Сиэтле (1956) ознаменовал новый этап в развитии как аксиоматического метода, так и физики сильных взаимодействий вообще. В этом докладе (в котором со всей полнотой проявилось гильбертовское «мы должны знать — мы будем знать») Н. Н. Боголюбов, установив на основе своего принципа микропричинности причинную структуру амплитуды пион-нуклонного рассеяния, непосредственно доказал возможность аналитического продолжения амплитуды на комплексные значения энергии. Доказательство связано с открытием нового принципа аналитического продолжения обобщенных функций многих переменных, и доказанная при этом теорема «об острей клина» стала основой нового направления в математике.

Работы Н. Н. Боголюбова по обоснованию дисперсионных соотношений открыли новый этап в теории сильных взаимодействий. Дело не только в том, что был построен последовательный аппарат, не связанный с предположением о слабости взаимодействия элементарных частиц. Круг идей, введенных в физику при доказательстве дисперсионных соотношений, стал основой нового языка теории сильных взаимодействий. Физики получили новое понятие об амплитуде рассеяния как о единой аналитической функции переменных рассеяния, и именно это понятие стало решающим для последующего развития теории. На первый взгляд, чисто математическое понятие явилось отражением существующих в физике глубоких связей между, казалось бы, разными процессами. Стало очевидным, что даже если нельзя найти амплитуду рассеяния заданного процесса, то можно отыскать ее связь с амплитудами других процессов. Идея о связи различных каналов реакции явилась отправной точкой многочисленных эвристических построений амплитуды рассеяния.

В работах Н. Н. Боголюбова и его учеников были намечены самые разные и широкие применения аксиоматического метода, такие, как асимптотические оценки при высоких энергиях, описание низкоэнергетических областей с привлечением условия унитарности и т. д.

Н. Н. Боголюбову принадлежит целый ряд идей и исследований и в других областях релятивистской динамики частиц.

К 1965—1966 гг. относятся его работы по теории симметрии элементарных частиц. С этими исследованиями связано, в частности, введение нового квантового числа, которое в настоящее время называют цветом, играющего фундаментальную роль в современных схемах теории слабых и сильных взаимодействий.

Перечисленными здесь направлениями далеко не исчерпывается все поле научной деятельности Н. Н. Боголюбова. Ему принадлежит также целый ряд фундаментальных исследований по теории плазмы и кинетическим уравнениям, имеющим важное прикладное значение.

Труды Н. Н. Боголюбова относятся ко многим разделам математики, механики и физики. В каждом из этих разделов ему принадлежит ряд фундаментальных научных результатов. Им написано свыше двухсот статей и монографий.

Главная черта научного стиля Н. Н. Боголюбова состоит в умении оценить ключевой характер проблемы и одновременно ее принципиальную разрешимость и затем, не останавливаясь перед трудностями, создать адекватный аппарат для решения этой проблемы, причем органическое слияние математики и физики заставляет каждого изучающего работы Н. Н. Боголюбова вспомнить о тех временах, когда представители точных наук звались просто натурфилософами. Эта черта позволила Н. Н. Боголюбову внести решающий вклад в развитие теоретической физики за последние сорок лет и фактически создать новую современную математическую физику. Все это давно уже вывело Н. Н. Боголюбова в число крупнейших ученых мира, придавших свой индивидуальный отпечаток всему направлению теоретической физики во второй половине нашего столетия.

Много внимания уделяет Н. Н. Боголюбов воспитанию творческой молодежи. Ему принадлежит заслуга создания ряда научных школ, таких, как школа по математической физике и нелинейной механике в Киеве, школа по теоретической и математической физике в Москве и Дубне. Многие известные ученые с уважением и гордостью называют Н. Н. Боголюбова своим учителем.

Н. Н. Боголюбов много внимания уделяет вопросам организации науки. В настоящее время он является членом Президиума Академии наук СССР, директором Объединенного института ядерных исследований, главным редактором созданного им журнала «Теоретическая и математическая физика».

Много времени и внимания Н. Н. Боголюбов уделяет общественной деятельности, являясь депутатом Верховного Совета СССР.

Родина высоко оценила научную и общественную деятельность ученого.

Он является лауреатом Ленинской премии, дважды лауреатом Государственной премии СССР, лауреатом премии Ломоносова АН СССР, награжден пятью орденами Ленина, рядом других орденов и медалей. В 1969 г. выдающиеся заслуги Н. Н. Боголюбова были отмечены Золотой Звездой Героя Социалистического Труда.

В знак признания личного вклада Н. Н. Боголюбова в развитие науки и его высокого научного и общественного авторитета он избран иностранным членом многих зарубежных академий. Ему присуждены почетные степени доктора ряда авторитетнейших университетов мира, многие международные премии и медали.

Свое семидесятилетие Николай Николаевич Боголюбов встречает в расцвете творческих сил. Пожелаем Николаю Николаевичу долгих и счастливых лет творческого вдохновения и новых открытий во славу отечественной науки.

*В. А. Амбарцумян, Н. Г. Басов, А. А. Логунов, М. А. Марков,
Б. М. Понтекоров, А. М. Прохоров, П. А. Черенков*