

НАУЧНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ НИКОЛАЯ НИКОЛАЕВИЧА БОГОЛЮБОВА

1. Краткий очерк научной деятельности

Крупнейший ученый современности академик Николай Николаевич Боголюбов родился 21 августа 1909 года в Нижнем Новгороде.

Свою научную деятельность Н.Н. Боголюбов начал в Киеве, где с тринадцати лет стал работать в семинаре академика Н.М. Крылова, и уже в 1924 г. написал первую научную работу. Начальный период научного творчества Н.Н. Боголюбова был посвящен ряду математических вопросов – прямым методам вариационного исчисления, теории почти периодических функций, динамическим системам. Одна из работ этого цикла была удостоена в 1930 г. премии Академии наук Болоньи и в том же году Н.Н. Боголюбову присуждается ученая степень доктора математики.

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 произвольной ограниченной функции.

Начиная с 1932 года 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.

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.

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.

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 году) был рассмотрен вопрос о появлении стохастических закономерностей в динамических системах, подверженных случайному воздействию термостата. Введя представление о том, что случайный процесс в зависимости от выбора шкалы времени можно рассматривать как динамический, марковский, а в общем случае – как немарковский процесс, Боголюбов тем самым ввел понятие об иерархии времен в неравновесной статистической физике, которое оказалось решающим во всем дальнейшем развитии статистической теории необратимых процессов.

Крупнейшим вкладом Н.Н. Боголюбова в статистическую механику неидеальных классических систем является его всемирно известная монография «Проблемы динамической теории в статистической физике» (1946 г.), в которой был разработан метод цепочек уравнений для равновесных и неравновесных многочастичных

функций распределения. Установленные в этих работах новые для физики понятия ознаменовали новый этап развития статистической механики, следующий за этапом, восходящим к работам Гиббса и Больцмана. Н.Н. Боголюбов ввел в статистическую механику важнейшее физическое понятие – существование разных масштабов времени – и метод граничных условий, развитый ранее в нелинейной механике. Физическое 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, благодаря чему явная структура интеграла столкновения 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 времени лишь благодаря функциональной зависимости 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 г.). Эта идея, логически завершая описание эволюции многочастичных систем, оказала большое влияние на дальнейшее развитие теории неравновесных процессов.

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 г.). Идея разномасштабных микроскопических процессов в статистических системах была использована им впоследствии при построении уравнений гидродинамики сверхтекучей жидкости (1963 г.).

Н.Н. Боголюбов в работах 1975–1978 годов 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 позволила ему с единой точки зрения подойти к проблеме описания всех фаз эволюции, включая кинетическую, с учетом высших корреляций частиц, и гидродинамическую стадии. За работу «О стохастических процессах в динамических системах», Н.Н. Боголюбову присуждена золотая медаль с премией им. М.А. Лаврентьева (1983 г.).

В докладе на собрании Отделения физико-математических наук АН СССР 1946 года (статья в журнале «Известия АН СССР», 1947 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. В результате этих исследований была впервые построена микроскопическая теория сверхтекучести, которая

позволила последовательно описать энергетический спектр сверхтекучей системы и объяснить соотношение между сверхтекучим и нормальным состояниями. В этой работе впервые применено каноническое преобразование, широко известное сейчас как преобразование Боголюбова.

В сентябре 1957 года Н.Н. Боголюбов последовательно построил теории сверхпроводимости на основе модели Фрелиха, учитывающей электрон-фононное взаимодействие в металлах. Вакуум квазичастиц определялся каноническим преобразованием, обобщенным на фермионные операторы. ОН 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 г.). Таким образом, в работах Н.Н. Боголюбова 1957 года независимо от работы 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 г.). В настоящее время понятие о сверхтекучести ядерной материи служит основой современной теории ядра.

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 г.). В соединении с развитым им методом двухвременных температурных функций Грина (1959 г.) 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 г.), показывающая, что при спонтанном нарушении симметрии в системе всегда возникает дальнее действие. Эта теорема позволила решить принципиальный вопрос о структуре энергетического спектра низколежащих элементарных возбуждений в неидеальных бозе- и ферми-системах, связав его с требованием градиентной 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 важнейшего вопроса квантовой теории поля, связанного с проблемой вырождения и устойчивости вакуума, причем сама идея о возможно неустойчивости вакуума в квантовой теории поля возникла благодаря его исследованиям.

В своих исследованиях по квантовой теории поля начала 50-х годов Н.Н. Боголюбов отказался от обычного гамильтонова формализма и принял за основу теории введенную Гейзенбергом S-матрицу. В его работах 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 предложить последовательную схему их устранения – R -операцию Боголюбова (1955 г.). Построенная таким образом теория возмущений является, по существу, чисто аксиоматической – первой последовательной аксиоматической схемой в квантовой теории поля.

Из числа других результатов Н.Н. Боголюбова в теории возмущений упомянем метод ренормализационной группы. Основа этого метода состоит в том, что мультипликативные перенормировки в квантовой теории поля образуют группу, что позволяет получить выражение для функций Грина в ультрафиолетовой области путем восстановления инвариантной по отношению к этой группе формы.

Доклад Н.Н. Боголюбова на конференции в Сиэтле (1956 г.) ознаменовал новый этап в развитии как аксиоматического метода, так и физики сильных взаимодействий вообще. В этом докладе 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 острие клина» (ныне носящая имя Боголюбова) 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. При установлении аналитических свойств амплитуды рассеяния Н.Н. Боголюбов доказал утверждение о кроссинговой симметрии физических 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, проблемы масштабной инвариантности и автомодельности при высоких энергиях, асимптотическое поведение в окрестности светового конуса и т. д. Н.Н. Боголюбову принадлежит целый ряд идей и исследований в других областях релятивистской динамики частиц.

К 1964–1966 гг. относятся работы Н.Н. Боголюбова по теории симметрии и динамическим кварковым моделям элементарных частиц.

Важнейшую роль в последующем развитии теории элементарных частиц сыграло предложенное Н.Н. Боголюбовым и его учениками новое квантовое число кварков. Обладающие этим квантовым числом кварки принято сейчас называть цветными кварками. Согласно существующим представлениям, барионы и мезоны состоят из цветных кварков, являясь бесцветными объектами. Введение цвета позволило разрешить известную проблему статистики кварков и явилось основой для построения квантовой хромодинамики – современной калибровочной теории 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 им получен 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 математический аппарат для решения этой проблемы. Эта черта позволила Н.Н. Боголюбову внести решающий вклад в развитие теоретической физики и фактически создать новую современную математическую физику. Все это позволило Н.Н. Боголюбову попасть в число крупнейших ученых мира, придавших свой индивидуальный отпечаток всему направлению развития теоретической физики во второй половине XX столетия.

Большое внимание уделяет Н.Н. Боголюбов воспитанию творческой молодежи. Ему принадлежит заслуга создания ряда научных школ, таких как школа математической физики и нелинейной механики в Киеве, теоретической и математической физики в Москве и Дубне.

2. Административная, общественная деятельности, общественное признание

В 1930 г. Н.Н. Боголюбову присуждается ученая степень доктора наук.

В 1948 г. Н.Н. Боголюбов избирается академиком АН Украинской ССР.

В 1953 г. – действительным членом Академии наук СССР.

В течение ряда лет Н.Н. Боголюбов был членом Президиума АН СССР, академиком-секретарем Отделения математики АН СССР, директором Объединенного института ядерных исследований в Дубне.

Решением Комитета Полномочных Представителей государств-учредителей Института за выдающиеся заслуги в развитии и организации научных исследований он был избран почетным директором Объединенного института ядерных исследований.

Н.Н. Боголюбов был советником при Президиуме АН СССР.

Много времени и внимания Н.Н. Боголюбов уделяет общественной деятельности, он избирался депутатом Верховного Совета СССР многих созывов, участник Пагуошского движения за мир.

Исследования Н.Н. Боголюбова в математике и физике достойно оценены научным сообществом. Он является лауреатом Ленинской премии, трижды лауреатом Государственной премии СССР, удостоен золотой медали и премии им. М.А. Лаврентьева.

Его творческий труд в науке отмечен высшей наградой АН СССР – золотой медалью им М.В. Ломоносова.

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.

Родина высоко оценила научную и общественную деятельность ученого. Выдающиеся заслуги Н.Н. Боголюбова дважды отмечены Золотой Звездой Героя социалистического труда, шестью орденами Ленина, орденом Октябрьской революции, двумя орденами Трудового Красного знамени, рядом других орденов и медалей.

3. Основные даты жизни и деятельности академика Н.Н. Боголюбова

Николай Николаевич Боголюбов родился 21 августа 1909 года в Нижнем Новгороде.

1924 г. Пишет первую научную работу под руководством академика Н.М. Крылова.

1930 г. Окончил аспирантуру НИИ строительной механики АН УССР в Киеве. Присуждена ученая степень доктора математики. Присуждена премия Академии наук Болоньи (Италия).

1936 г. Присуждено ученое звание профессора.

1939 г. Избран членом-корреспондентом Академии наук УССР.

1944 г. Награжден орденом «Знак Почета».

1945 г. Награжден орденом «Знак Почета» и медалью «За трудовую доблесть».

1947 г. Избран членом-корреспондентом АН СССР. Присуждена Государственная премия СССР первой степени за исследования в области нелинейной механики и статистической физики.

1948 г. Награжден орденом Трудового Красного знамени. Избран действительным членом Академии наук Украинской ССР.

1949 г. Заведующий отделом теоретической физики Математического института им. В.А. Стеклова АН СССР.

1953 г. Избран действительным членом Академии наук СССР. Награжден орденом Ленина. Присуждена Государственная премия СССР за исследования в области математики. Избран заведующим кафедрой теоретической физики Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова. Награжден орденом Трудового Красного знамени.

1956–1965 гг. Директор лаборатории теоретической физики ОИЯИ в Дубне.

1957 г. Присуждена премия им. М.В. Ломоносова за исследования по теории проводимости.

1958 г. Присуждена Ленинская премия за разработку нового метода в квантовой теории поля и статистической физике, приведшего, в частности, к обоснованию тео-

рии сверхтекучести и сверхпроводимости. Присуждена степень почетного доктора наук Аллахабадского университета (Индия).

1959 г. Награжден орденом Ленина.

1960 г. Избран почетным членом Американской академии искусств и наук в Бостоне. Присуждена степень почетного доктора наук Берлинского университета им. Гумбольдта (ГДР).

1961 г. Избран иностранным членом Болгарской академии наук.

1962 г. Избран иностранным членом Польской академии наук.

1963 г. Избран членом Президиума АН СССР, академиком-секретарем Отделения математики.

1965 г. Избран директором Объединенного института ядерных исследований в Дубне.

1966 г. Избран иностранным членом Академии наук ГДР. Присуждена премия имени Д. Хайнеманна Американского физического общества за исследования по математической физике.

1967 г. Награжден орденом Ленина. Присуждена степень почетного доктора наук Чикагского университета (США).

1968 г. Избран иностранным членом-корреспондентом Гейдельбергской академии наук (ФРГ).

1969 г. Присвоено звание Героя Социалистического Труда за выдающиеся заслуги в развитии советской науки. Награжден медалью им. Г. Гельмгольца Академии наук ГДР. Награжден орденом Кирилла и Мефодия первой степени (НРБ). Награжден медалью «Дружба» (Монголия). Избран иностранным членом Национальной академии наук США. Присуждена почетная степень доктора наук Туринского университете (Италия). Присуждена почетная степень доктора Краковской горно-металлургической академии (ПНР).

1970 г. Награжден юбилейной медалью «За доблестный труд», в ознаменование 100-летия со дня рождения В.И. Ленина. Присуждена почетная степень доктора наук Вроцлавского университета (ПНР). Присвоено звание «Заслуженный деятель науки УССР».

1971 г. Присуждена почетная степень доктора наук Бухарестского университета (СРР).

1973 г. Присуждена почетная степень доктора наук университета Хельсинки (Финляндия). Награжден золотой медалью Макса Планка Физического Общества ФРГ.

1974 г. Награжден золотой медалью им. Б. Франклина института им. Франклина (США). Присуждена почетная степень доктора наук университета Улан-Батора (МНР).

1975 г. Награжден орденом Ленина. Награжден золотой медалью «За заслуги перед наукой и человечеством» Словацкой академии наук (ЧССР).

1977 г. Присуждена почетная степень доктора наук Варшавского университета (ПНР).

1978 г. Награжден командорским знаком «Орден за заслуги» (ПНР). Награжден медалью «За развитие дружбы и сотрудничества с ЧССР».

1979 г. Награжден орденом Ленина и золотой медалью «Серп и Молот» за выдающиеся заслуги в развитии математики, механики и теоретической физики, подготовке научных кадров. Избран почетным членом Венгерской академии наук.

1980 г. Избран иностранным членом Чехословацкой академии наук.

1981 г. Присуждена премия им. А.П. Карпинского за выдающиеся достижения в развитии математической и теоретической физики (ФРГ).

1980 г. Награжден орденом Государственного знамени первой степени КНДР.

1983 г. Избран иностранным членом Академии наук МНР. Избран иностранным членом Академии наук Индии. Присуждена золотая медаль и премия им. М.А. Лаврентьева АН СССР. В ознаменование трудовых подвигов Н.Н. Боголюбова на его родине (г. Горький) установлен бронзовый бюст.

1984 г. Избран почетным членом Академии наук Армянской ССР. Награжден орденом «Звезда дружбы народов» Германской Демократической Республики.

1987 г. Ученый совет Международного центра теоретической физики в Триесте учредил премию центра имени Н.Н. Боголюбова «За выдающиеся заслуги в деле развития научных исследований в области математики и физики твердого тела для ученых из развивающихся стран» и присудил ее доктору Абдулле Садику из Пакистана. Избран советником при Президиуме АН СССР.

Присуждена Государственная премия СССР в области науки и техники за цикл работ «Метод ренормализации группы в теории полей» (совместно с А.А. Логуновым и Д.В. Ширковым). Награжден золотой медалью имени М.В. Ломоносова АН СССР за выдающиеся достижения в области математики и теоретической физики. Награжден орденом Октябрьской Революции.

1989 г. Решением Комитета Полномочных Представителей правительств государств-учредителей Объединенного института ядерных исследований избран почетным директором ОИЯИ.

Список литературы

- [1] Николай Николаевич Боголюбов: К 100-летию со дня рождения / под общ. ред. А.Н. Сисакяна. Дубна: ОИЯИ, 2009. 86 с.
- [2] Николай Николаевич Боголюбов: Вступительная статья академика В.С. Владимирова, академика А.А. Логунова / отв. ред. А.Н. Сисакян, Г.И. Колеров, В.А. Мещеряков. Дубна: ОИЯИ, 1989. 110 с.
- [3] Николай Николаевич Боголюбов: К 75-летию со дня рождения и 60-летию научной деятельности. Вступительная статья академика В.С. Владимирова, академика А.А. Логунова / отв. ред. В.А. Мещеряков, А.Н. Сисакян. Дубна: ОИЯИ, 1984. 100 с.
- [4] Воспоминания об академике Н.Н. Боголюбове. К 100-летию со дня рождения: сборник статей / ред.-сост. В.С. Владимиров, И.В. Волович. М.: МИАН, 2009. 178 с.
- [5] Ширков Д.В. Вспоминая о Николае Николаевиче. Дубна: ОИЯИ, 2009. 31 с.
- [6] Сисакян А.Н. Учитель. Страницы памяти. Дубна: ОИЯИ, 2009. 12 с.
- [7] Матвеев В.А., Сисакян А.Н., Суханов А.Д. Николай Николаевич Боголюбов – корифей современной теоретической и математической физики. Дубна: ОИЯИ, 2009. 59 с.
- [8] Тавхелидзе А.Н. Н.Н. Боголюбов (Штрихи к портрету). Дубна: ОИЯИ, 2009. 11 с.

- [9] Ахиезер А.И. Воспоминания о Николае Николаевиче Боголюбове // Физика низких температур. 1994. Т. 20. № 8. С. 845–847.
- [10] Проблемы теоретической физики: сборник, посвященный Николаю Николаевичу Боголюбову в связи с его шестидесятилетием. М.: Наука, 1969. 430 с.