



АРКАДИЙ БЕНЕДИКТОВИЧ  
МИГДАЛ

PERSONALIA

53(092)

## АРКАДИЙ БЕНЕДИКТОВИЧ МИГДАЛ

(К семидесятилетию со дня рождения)

11 марта с. г. исполнилось 70 лет одному из крупнейших советских физиков-теоретиков, основоположнику новых научных направлений в ядерной физике и проблеме многих тел, создателю большой научной школы — академику Аркадию Бенедиктовичу (Бейнусовичу) Мигдалу.

Основная область научных интересов А. Б. Мигдала — физика ядра и вообще многотельных систем (включая сюда и физический вакуум). В этих важнейших разделах физики Аркадий Бенедиктович ставит и решает крупные, ключевые, наиболее трудные проблемы («задачи», как он их сам обычно называет), в которых резко сужено поле применимости стандартных приближенных методов квантовой механики (прежде всего теории возмущений) и требуются новые, глубоко нетривиальные приближенные подходы. И Мигдал в течение вот уже более 40 лет с неистощимой выдумкой и энергией ищет и находит именно такие подходы. При этом, как бы свободно, даже артистично, ни владел он искусством качественных, «пальцевых» оценок, он редко довольствуется только ими, стремясь к количественным результатам, допускающим прямое сравнение с экспериментом или надежное предсказание новых наблюдаемых явлений. Поэтому в работах Мигдала мы находим и самый современный, нередко весьма изощренный математический аппарат, и характерное для него мастерское сочетание микроскопического и феноменологического подходов. Вероятно, именно эта впечатляющая комбинация разнообразных, и притом лучших, средств из арсенала современной теоретической физики, применяемых всякий раз с подкупающей уместностью и соразмерностью, и придает работам А. Б. Мигдала наряду с их фундаментальностью и доказательной силой еще и некую эстетическую прелесть, в чем-то сближая их с произведениями искусства.

А. Б. Мигдал родился в 1911 г. в г. Лиде (ныне Белорусская ССР), а юность его протекала в Ленинграде. Здесь в 1928 г., работая лаборантом по физике в школе, он выполнил (и опубликовал в журнале «Физика, химия, математика, техника в трудовой школе») свою первую научную работу «Об одной ошибке в применении машины Атвуда». Затем он поступил на физический факультет ЛГУ, а в 1931—1936 гг. работал инженером-расчетчиком на заводе «Электроприбор», где также выполнил несколько научных работ \*). В 1936 г. А. Б. Мигдал окончил ЛГУ (его руководителем был М. П. Бронштейн) и поступил в аспирантуру ЛФТИ, где и сложилось основное направление всей его последующей научной деятельности.

В ранних работах Мигдала была рассмотрена проблема взаимодействия нейтронов с атомами, в частности, ионизация атома при ударе нейтрона по ядру (1939 г.). При решении этой задачи Аркадий Бенедиктович применил оригинальный метод «встряхивания», который впоследствии широко использовался для решения разнообразных проблем и принес автору широкую известность. На эту тему А. Б. Мигдал в 1940 г. защитил кандидатскую диссертацию.

В том же 1940 г. Мигдал переезжает в Москву в качестве докторанта теоретического отдела ИФП, руководимого Л. Д. Ландау. Здесь он продолжает исследование процессов, сопровождающих ядерные реакции: ионизация при  $\beta$ -распаде (1941 г.) и при  $\alpha$ -распаде (1941 г.). Несколько позднее он развил теорию гигантского дипольного резонанса в ядрах (опубликована в 1945 г.), в которой было дано качественное объяснение этого явления как результата смещения протонов ядра относительно нейтронов и вычислено положение этого резонанса. Эта работа также стала классической и вошла во многие руководства по ядерной физике. Перечисленные работы Аркадия Бенедиктовича легли в основу докторской диссертации, защищенной им в 1943 г.

\*) Об одной из них увлекательно рассказал сам А. Б. Мигдал в своей статье в журнале «Квант» (1975, № 3).

В 1945 г. А. Б. Мигдал переходит из ИФП в Институт атомной энергии, руководимый И. В. Курчатовым, и включается в работы по атомной проблеме. Здесь им были получены результаты принципиальной важности. Исходя из идеи, высказанной им совместно с Л. Д. Ландау, что блок урана в замедлителе может рассматриваться как источник быстрых и сток тепловых и резонансных нейтронов, Аркадий Бенедиктович (совместно с А. М. Будкером) разработал метод расчета гетерогенного конечного реактора. Другой очень важный результат, полученный Мигдалом, — точное решение задачи о поглощении  $\gamma$ -квантов бесконечной средой с учетом многократного рассеяния, крайне существенное для расчета биологической защиты реактора.

В 1951—1953 гг. А. Б. Мигдал с группой своих сотрудников участвует в исследованиях по проблеме управляемого термоядерного синтеза, начатых тогда в ИАЭ. Из его работ по этой тематике необходимо отметить выполненное им в 1951 г. (совместно с В. М. Галицким) пионерское исследование весьма важного вопроса о распространении циклотронного излучения в замагниченной термоядерной плазме (опубликовано в 1958 г.), а также качественную теорию основных физических процессов (ионизация, скин-эффект, кумуляция, «сгребание» газа и др.), сопровождающих «инерционный» пинч-эффект (совместно с С. И. Брагинским, 1953 г.; опубликовано в 1958 г.). В тот же период А. Б. Мигдал совместно с В. М. Галицким развил, одновременно и независимо от Д. Бома и Д. Пайнса, метод коллективных переменных для описания плазмы.

Все эти годы А. Б. Мигдал продолжает активно разрабатывать принципиально важные вопросы квантовой физики. Широко известна его работа (доложена на семинаре в 1950 г., опубликована в 1955 г.) по теории ядерных реакций с образованием медленных частиц. Она является одной из первых работ в теории сильных взаимодействий, основанных на использовании аналитических свойств  $S$ -матрицы и на выделении наиболее существенных ее особенностей. Позже такой подход получил название пологического или дисперсионного, а сам эффект «взаимодействия в конечном состоянии» (эффект Мигдала — Ватсона) — до сих пор одно из наиболее ярких достижений этого подхода.

Оригинальный метод («трехмерная квазиклассика») был разработан в работе А. Б. Мигдала 1955 г. (совместно с И. И. Гольдманом). В 1954—1955 гг. Мигдал построил количественную теорию тормозного излучения и образования пар при прохождении быстрой частицы через вещество. Хотя качественная картина явления была понята (Ландау и Померанчук, 1953 г.), построение количественной теории казалось невозможным из-за необычайной сложности процесса. Решить задачу удалось, применив новый метод — квантовое кинетическое уравнение. Этот метод получил широкое применение как в работах самого Аркадия Бенедиктовича, так и в работах других авторов по проблеме многократного рассеяния.

Следующий период творчества А. Б. Мигдала связан с созданием современной формулировки проблемы многих тел, основанной на применении методов квантовой теории поля. Мигдал и его ближайшие ученики — авторы пионерских работ в этой области. Работа 1957 г. о скачке в импульсном распределении для произвольной ферми-системы («скачок Мигдала») и работа 1958 г. (совместно с В. М. Галицким) по формулировке метода функций Грина для ферми-систем являются классическими и почти дословно излагаются в руководствах по проблеме многих тел. Аналитические свойства функций Грина, спектральное разложение и дисперсионные соотношения для функций Грина, точная формула для энергии — вот далеко не полный перечень результатов этих работ. Широко известна и работа А. Б. Мигдала 1958 г., где впервые без применения теории возмущений решена задача о взаимодействии электронов с фононами в нормальном металле.

Естественным развитием этих работ явилось применение методов квантовой теории поля к атомным ядрам. Первые работы этого цикла — «Сверхтекучесть и моменты инерции ядер» (1959 г.) и «Одночастичные возбуждения и сверхтекучесть в ферми-системах с произвольным взаимодействием. Применение к ядру» (1961 г.). В первой из них с помощью уравнений Горькова теории сверхпроводимости исследовалось влияние сверхтекучести на моменты инерции ядер, во второй была дана строгая, в терминах функций Грина, формулировка ядерной модели оболочек и развита диаграммная техника для конечных систем со сверхтекучестью. Следующая большая серия работ (некоторые из них — в соавторстве с учениками) завершилась написанием монографий «Теория конечных ферми-систем и свойства атомных ядер» (1965 г.) и «Метод квазичастиц в теории ядра» (1967 г.). Применение многотельных методов к конечной системе потребовало преодоления значительных трудностей, связанных как с пространственной неоднородностью системы, так и с дискретностью ее энергетического спектра. Была разработана теория перенормировок и установлены общие соотношения для локальных «зарядов» квазичастиц в ядре по отношению к различным внешним полям, вытекающие из законов сохранения и калибровочной инвариантности. Ценой введения нескольких универсальных феноменологических параметров, характеризующих взаимодействие квазичастиц вблизи поверхности Ферми, теория позволила описать большой круг ядерных явлений: спектры низколежащих состояний и вероятности переходов между ними, изотопические и изомерные сдвиги атомных и мезоатомных линий, магнитные

и квадрупольные моменты, вероятности  $\beta$ -распада и  $\mu$ -захвата и многое другое, причем ряд явлений — изотопическое смещение,  $\mu$ -захват и др. — микроскопически был рассмотрен впервые. Обе эти монографии А. Б. Мигдала были переведены в США и стали настольными книгами теоретиков-ядерщиков во всем мире. За истекшие годы теория конечных ферми-систем выдержала испытание многочисленными экспериментами и теперь позволяет рассчитывать все низкоэнергетические характеристики ядер, включая массы ядер и распределения нейтронных и протонных плотностей. Она стала общепризнанным, активно развивающимся как в СССР, так и за рубежом направлением в теории ядра.

С начала 70-х годов А. Б. Мигдал начинает новое направление исследований — поведение ферми- и бозе-систем в сильных внешних полях (по времени это как раз совпало с его переходом в 1971 г. в Институт теоретической физики им. Л. Д. Ландау). В работе «Устойчивость вакуума и предельные поля» (1971 г.) было предсказано принципиально новое явление — неустойчивость бозонного вакуума в сильном внешнем поле, в результате которой в основном состоянии системы возникает классическое поле бозонов — конденсат. Была построена квантовополевая теория этого явления и указана реальная физическая система — пионное поле в нуклонной среде, в которой данное явление могло бы иметь место. Было показано, что в ядерном веществе при достаточно большой плотности должен происходить фазовый переход с образованием пионного конденсата. В качестве важного следствия была выдвинута гипотеза о возможности существования сверхплотных ядер, в которых энергия сжатия ядерного вещества компенсируется выигрышем энергии от пионной конденсации.

В последующих работах эти идеи получили дальнейшее развитие. Мигдалом был разработан аппарат для количественного рассмотрения пионной степени свободы в ядрах, являющийся развитием методов теории конечных ферми-систем. Его применение позволило произвести реалистический расчет поляризационного оператора пионов в ядерном и нейтронном веществе и с его помощью построить спектр возбуждений с квантовыми числами  $\pi$ -мезонов, а также рассчитать критические параметры пионной конденсации.

Проведенное А. Б. Мигдалом и его сотрудниками сравнение теории с экспериментальными данными привело к интересной гипотезе о близости реальных атомных ядер к критической точке  $\pi$ -конденсатного фазового перехода. Ныне широким фронтом ведутся теоретические и экспериментальные исследования по проверке этой гипотезы. В качестве кандидатов в «предвестники» пионной конденсации рассматриваются: усиление  $l$ -запрещенных  $M1$ -переходов, положение ядерных уровней с «пионными» квантовыми числами ( $0^-, 1^+, 2^-, \dots; T=1$ ), увеличение сечения неупругого рассеяния протонов на ядрах с возбуждением таких уровней.

В другой группе работ изучались свойства системы в присутствии развитого пионного конденсата и, в частности, было получено уравнение состояния нуклонного вещества с учетом пионной конденсации. На основании проведенного детального анализа А. Б. Мигдал выдвинул идею о возможности существования трех качественно новых типов ядер — сверхплотных, нейтронных и сверхзаряженных. Были исследованы области устойчивости, ожидаемые свойства и пути обнаружения таких аномальных ядер.

К интересным астрофизическим следствиям привел теоретический анализ пионной конденсации в нейтронных звездах. Оказалось, что при достижении критической (для начала пионной конденсации) плотности звезда за время  $\sim 10^{-3}$  с может перейти в сверхплотное состояние с выделением огромной энергии, сравнимой с энергией взрыва сверхновой. Дальнейшее изучение этого явления может привести к существенному изменению наших представлений о механизмах вспышек сверхновых.

Работы А. Б. Мигдала по пионной конденсации стимулировали большой интерес к теоретическому и экспериментальному исследованию экстремальных состояний ядерной материи. Появились сотни работ, в которых подтверждаются и развиваются концепции Мигдала. Эта тематика заняла прочное место на крупнейших международных конференциях по ядерной физике. В ведущих ядерных центрах мира ведутся работы по поиску аномальных ядер в природе, а также по столкновениям тяжелых ионов высоких энергий, в которых такие ядра могли бы образоваться или как-либо проявить себя.

Основные идеи и результаты нового направления нашли отражение в монографии А. Б. Мигдала «Фермионы и бозоны в сильных полях» (1978 г.) и в многочисленных статьях и обзорах.

Наряду с работами по пионной конденсации в творческой лаборатории А. Б. Мигдала за последнее десятилетие появилось немало красивых и смелых идей. Так, им было обнаружено свойство локализации функции Грина заряженной частицы в сильном неоднородном поле, исследовано явление электронной конденсации вблизи гипотетического сверхзаряженного ядра с  $Z \gg (hc/e^2)^{3/2} \approx 1600$ , предпринято несколько попыток решения проблемы нуль-заряда в квантовой электродинамике и проблемы невыедания кварков в квантовой хромодинамике. В этой связи следует заметить, что не только Мигдал пришел к теории элементарных частиц, но и сама эта теория, в неко-

тором смысле, пришла к нему, так как в нынешней стадии ее развития для нее весьма уместны и даже необходимы качественные подходы именно «мигдальского» типа.

В целом, если расклассифицировать всех физиков-теоретиков по их творческой установке и силе с помощью слов «нужно» и «можно» (получается, очевидно, матрица



А.Б. Мигдал на островах Японского моря. 1964 г.

$2 \times 2$ ), то про Мигдала не скажешь иначе как: «он делает то, что нужно, и так, как нужно!».

Научное творчество А. Б. Мигдала неотделимо от его роли учителя. Он воспитал десятки активно работающих учеников, среди которых — академики, члены-корреспонденты, много докторов и кандидатов наук. Блестящие лекции по теории ядра и приближенным методам квантовой механики, которые он в течение 35 лет читает в МИФИ, руководимые им теоретические спецсеминары притягивают к нему самых способных студентов. Педагогическая деятельность Аркадия Бенедиктовича во многом способствовала написанию им монографий «Приближенные методы квантовой механики» (совместно с В. П. Крайновым, 1966 г.) и «Качественные методы в квантовой теории» (1975 г.). Молчаливая (но непререкаемая) читательская оценка класса, научной значимости и практической полезности этих, как и остальных, книг Мигдала заключена в том простом факте, что расходятся все они практически мгновенно.

Широко известен А. Б. Мигдал как яркий (и вместе с тем глубокий и ответственный) популяризатор науки. Он сотрудничает с обществом «Знание», где постоянно читает лекции, в том числе и о психологии научного творчества (на эту тему им написана, в частности, увлекательная брошюра «Поиски истины» (1978 г.)). Выступления Мигдала даже с такой, скажем, нетрадиционной для ученого трибуны, как телеэкран, вызывают, по общему мнению, широкий резонанс и способствуют распространению научных идей.

Заслуги А. Б. Мигдала перед советской наукой получили высокую оценку: он награжден орденом Ленина (1954 г.), двумя орденами Трудового Красного Знамени (1951 и 1974 гг.) и медалями; в 1953 г. он был избран членом-корреспондентом, а в 1966 г. — действительным членом Академии наук СССР.

Конечно, А. Б. Мигдал — физик «по рождению». Но мир его способностей, интересов и увлечений не ограничивается физикой. Аркадий Бенедиктович — талантливый скульптор и резчик по дереву и камню. Любопытно, что эти художественные дарования открылись у него всего лет 25—30 назад, т. е. во вполне зрелом возрасте, что в плане общей характеристики его личности говорит само за себя. Широко известно также активное увлечение Мигдала многими видами спорта. Здесь и альпинизм, и горные лыжи, и водные лыжи, и подводный спорт.

О последнем уместно сказать особо. Ведь не многие знают, что А. Б. Мигдал был одним из зачинателей отечественного подводного спорта, первым председателем президиума Федерации подводного спорта СССР, организованной в 1959 г., обладателем билета № 1 спортсмена-подводника. В начале 60-х годов Аркадий Бенедиктович с группой спортсменов-аквалангистов трижды выезжал на острова Японского моря и Тихого океана, чтобы изучить все возможности использования акваланга в подводном спорте, наблюдении за жизнью моря и народном хозяйстве. Результатом этих экспедиций явилось создание трех подводных документальных кинофильмов: «Над нами Японское море», «Остров Монерон», «По островам Тихого океана». При этом к развитию подводного плавания с аквалангом А. Б. Мигдал относился серьезно, не по-любительски. Он предвидел, — и это полностью подтвердилось, — что плавание с аквалангом превратится в нашей стране в большой спорт и найдет широкое применение в науке и народном хозяйстве.

Общительность, остроумие, неотразимое личное обаяние снискали Мигдалу дружбу и уважение многих и многих людей самых разных профессий и возрастов. Аркадий Бенедиктович щедро делится с людьми тем, что Сент-Экзюпери назвал «единственной настоящей роскошью — роскошью человеческого общения».

Нечасто, увы, можно с такой спокойной ответственностью, без «юбилейных» натяжек сказать: наш юбиляр встречает свое 70-летие в расцвете творческих сил и дел. И сердечно поздравляя Аркадия Бенедиктовича от имени всех его многочисленных друзей, учеников, просто почитателей, желая ему «мигдальского» здоровья и счастья, по праву ожидая от него новых смелых идей и ярких научных результатов, мы твердо уверены в успешном продолжении его 45-летнего пути в физике. Ведь это — путь непрерывного восхождения, путь «вперед и выше». Как опытный альпинист, размеренно, упорно и целеустремленно поднимается Мигдал от вершины к вершине.

И пик еще не достигнут.

*С. Т. Беляев, В. Г. Вакс, И. И. Гуревич,  
В. И. Коган, А. И. Ларкин, И. Н. Мишустин,  
Л. Б. Окунь, Э. Е. Саперштейн, В. Н. Суетин,  
В. А. Ходель*