

И.П. Базаров, П.Н. Николаев
АНАТОЛИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ ВЛАСОВ

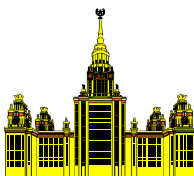


Серия
Выдающиеся ученые
физического факультета МГУ

И.П. Базаров, П.Н. Николаев

Анатолий Александрович
ВЛАСОВ

Выпуск II



МОСКВА
Физический факультет МГУ
1999

И.П. Базаров, П.Н. Николаев
АНАТОЛИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ ВЛАСОВ

Научно-популярное издание. — М.: физический факультет МГУ,
1999, — 63 с.

© Базаров И.П., Николаев П.Н. 1999
© Физический факультет МГУ, 1999

ПРЕДИСЛОВИЕ

Современная физика немыслима без представления о четвертом состоянии вещества — плазмы, которая встречается повсюду: плазма газового разряда, космическая плазма, твердотельная плазма и многое другое. Теоретическое описание своеобразных свойств плазмы впервые осуществил один из выдающихся физиков нашего столетия Анатолий Александрович Власов на основе открытого им в 1938 году кинетического уравнения (уравнения Власова). Поиски стационарных решений уравнения Власова привели к установлению незатухающих волн в плазме (волны Ван Кампена), как обобщению результата Власова, полученного им, исходя из дисперсионного уравнения. Решение нестационарной задачи о колебаниях плазмы определило явление диссипации энергии продольной волны в бесстолкновительной плазме (затухание Ландау). Исследованию уравнения Власова и различным его приложениям посвящены многие работы и монографии.

Вся жизнь А.А. Власова была связана с Московским университетом. После его окончания в 1931 году он в дальнейшем работал на физическом факультете МГУ. С большой теплотой и благодарностью вспоминают о его лекциях бывшие студенты. Их особым достоинством был тщательный анализ фундаментальных основ излагаемых теорий и постановка нерешенных проблем.

В А.А. Власове всех подкупала искренность и доброе отношение к людям. Но у него были и вспышки гнева, когда он сталкивался с глупостью или профанацией науки, и здесь он мог, не стесняясь в выражениях, изложить это человеку вне зависимости от его должностного положения.

Борьба различных школ и группировок 30–40-х годов, в том числе университетской и академической науки, ударила и по А.А. Власову. Несправедливо резкая критика его работ в 1946 году привела к тому, что за признанное во всем мире уравнение Власова он получил Ленинскую премию лишь в 1970 году.

Настоящая работа написана на основе собранных архивных материалов и воспоминаний современников. Мы надеемся, что она восполнит очевидный пробел в описании жизни и творчества одного из наиболее выдающихся профессоров Московского университета и нашего учителя Анатолия Александровича Власова.

Авторы выражают глубокую благодарность академику Б.Б. Кадомцеву и профессору Л.С. Кузьменкову за внимательное рассмотрение

нашей работы, академику В.П. Маслову, профессору Б.И. Садовникову, академику А.А. Логунову, члену — корреспонденту РАН С.С. Герштейну за предоставленные воспоминания об А.А. Власове.

Мы искренне признательны Александру Анатольевичу Власову за предоставленные материалы из семейного архива и Г.В. Моисеевой за помощь в подборе архивных материалов, А.П. Крыловой за полезную информацию о библиографии работ А.А. Власова, Г.С. Солнцеву и Л.П. Стрелковой за ценную информацию.

Данная книга не могла бы появиться без стимулирующего воздействия, полезных советов и постоянного доброжелательного отношения профессора Л.В. Левшина, которому авторы выражают свою искреннюю благодарность.

Москва, апрель 1998 года

ЖИЗНЕННЫЙ ПУТЬ АНАТОЛИЯ АЛЕКСАНДРОВИЧА ВЛАСОВА

Анатолий Александрович Власов родился 20 августа 1908 года в городе Балашове Саратовской губернии. Его отец Власов Александр Николаевич (1877–1952), паровозный машинист, и мать Любовь Федоровна (1878–1918) происходили из мещан.

У Анатолия Александровича было три сестры — Валентина Александровна (1902–1987), Антонина Александровна (1911–1986) и Ираида Александровна (1913–1998). После смерти матери их воспитывала мачеха Лудина Мария Федоровна (1880–1959), которая происходила из обедневших дворян. Антонина Александровна Власова окончила физический факультет МГУ и с послевоенного времени до своих последних дней работала в лаборатории электрических явлений в газах НИИ Физики МГУ, руководимой профессором Н.А. Капцовым. У студентов тех лет остались воспоминания о ней, как миловидной женщине с мягким характером, готовой всегда помочь в трудную минуту. Направление ее научной работы состояло в изучении влияния диэлектрических покрытий коронирующего провода на характеристики коронного разряда, что важно для работы электрических фильтров и сепараторов. В 1939 году Антонина Александровна принимала участие в выполнении договорной работы с НИОГАЗ. Результаты ее научной работы опубликованы в серии статей, выполненных совместно с Н.А. Капцовым, И.И. Гловым и С.А. Моралевым.

С давних пор город Балашов имел большое торговое значение. Отсюда по Хопру (приток Дона, на левом берегу которого расположен Балашов) шло большое количество хлеба, сала и другого сырья в Ростов-на-Дону для дальнейшей отправки за границу. Построенные позже Грязе–Царицинская и Тамбовско–Саратовская железные дороги оставили в стороне Балашов, что вместе с неудобством судоходства по Хопру подрывало торговое значение Балашова. Балашов стал возвращать себе прежнее место в торговле лишь после постройки соединительной ветви между названными дорогами и линии на Камышин, которые ввели город в общую

рельсовую сеть империи. К началу XX века Балашов был связан железнодорожными путями не только с Ростовом, к которому существовало традиционное тяготение, но через Царицын и с Новороссийском, т.е. непосредственно с Черным морем [1, 2].

В Балашове А.А. Власов в 1927 году окончил среднюю школу и в том же году поступил в Московский государственный университет на физико-математический факультет. Вспоминая то время и свою первую встречу с Сергеем Ивановичем Вавиловым, Анатолий Александрович рассказывал Л.В. Левшину, как в 1930 году он попал в только что организованную группу "выдвиженцев", которые должны были готовиться к будущей научной и педагогической деятельности. "После этого, — пишет Левшин, — Власов был вызван для беседы в лабораторию к Вавилову. В беседе поднимались вопросы об интересах студентов старших курсов к конкретным проблемам физики и математики. В 1931 году С.В. Вавилов вел общий курс физики, одновременно занимаясь с некоторыми из "выдвиженцев", готовя их как будущих лекторов этого курса. Позже, будучи аспирантом физического факультета, Анатолий Александрович в качестве ассистента готовил лекционные демонстрации к лекциям С.И. Вавилова и вел семинарские занятия в студенческих группах" [65, с. 273].

В 1930 г. физико-математический факультет получил наименование физико-механико-математического с отделениями физико-механическим, математическим и астрономо-геодезическим. В области физики в это время специализировалось около 300 студентов.

27 апреля 1931 г. приказом по Московскому университету предполагалось не позднее 5 мая текущего года ликвидировать органы факультетского управления на физико-механико-математическом факультете, образовав вместо факультета отделения физическое, механическое и астрономо-математическое [3]. В этом же году А.А. Власов успешно окончил университет и был принят в аспирантуру на кафедру теоретической физики.

По окончании университета в 1931 году А.А. Власов получил "Удостоверение", которое было в то время аналогом современного диплома о высшем образовании. В силу того, что реорганизации в университете проходили очень часто, бланки документов зачастую несли в себе смысловое содержание разных лет. Так в "Удостоверении" у А.А. Власова было указано, что он окончил физико-математический факультет (он на него поступил, но

ко времени окончания его уже не было) по физическому отделению (в это время отделение было уже независимым) 1-го Московского государственного университета (так назывался МГУ в те годы) [4]. Специальностью А.А. Власова по образованию была теплофизика.

Его научным руководителем в аспирантуре стал профессор И.Е. Тамм, возглавлявший в то время кафедру, будущий нобелевский лауреат [3, с. 213; 5–8]. Аспирантами кафедры в то время были ставшие впоследствии известными учеными Д.И. Блохинцев, М.А. Марков, В.С. Фурсов [9].

Приказом по Московскому университету от 16 апреля 1933 года был создан физический факультет на базе физического отделения и научно-исследовательского института физики. Переход на факультетскую систему был осуществлен начиная с 1 мая 1933 года. С этого времени начинается подготовка специалистов в масштабах, не соизмеримых с ранее существовавшими [3, 10]. Первым деканом физического факультета был назначен профессор Б.М. Гессен. В 1934 году физический факультет закончили 34 специалиста-физика.

В 1934 году вышло постановление Совета Народных Комиссаров СССР "Об ученых степенях и званиях", по которому вводились ученые звания кандидата и доктора наук [3, с. 218; 9].

25 ноября 1934 года в Комитете по физике Квалификационной комиссии УНИ был рассмотрен вопрос об утверждении А.А. Власова в должности доцента. Как отмечено в выписке из приказа по Московскому государственному университету имени М.Н. Покровского от 17 марта 1935 года (название МГУ в то время — прим. авторов) [11], положительное решение было принято при условии представления кандидатской диссертации.

Одним из первых на физическом факультете Анатолий Александрович защитил в 1934 году кандидатскую диссертацию на тему "К квантово-механической проблеме взаимодействия через промежуточную среду" [12], где показал, что взаимодействие электронов в твердом теле можно описать посредством поля упругих волн (фононов), играющих роль промежуточной среды. После защиты он был оставлен старшим научным сотрудником НИИФ МГУ, а затем работал доцентом кафедры теоретической физики физического факультета, с которой была связана вся его даль-

нейшая жизнь (в разные годы кафедры называлась по разному, но в настоящее время носит прежнее название — кафедра теоретической физики).

17 марта 1935 года приказом по МГУ А.А. Власов был утвержден в должности доцента [11].

11 ноября 1935 года Квалификационная комиссия управления университетов и научно-исследовательских учреждений рассмотрела представление МГУ о присвоении ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности физика и звания старшего научного сотрудника А.А. Власову и утвердила его в данной степени и в звании [13].

Работы А.А. Власова 1934–1936 годов, в том числе и выполненные совместно с В.С. Фурсовым, относятся к теоретической оптике. В них развивается теория ширины спектральных линий на основе учета молекулярного взаимодействия. Эти работы дали толчок многим экспериментальным и теоретическим исследованиям советских и иностранных авторов.

В 1938 году в "Журнале экспериментальной и теоретической физики" (ЖЭТФ) была опубликована, получившая впоследствии мировую известность, работа А.А. Власова "О вибрационных свойствах электронного газа" [14], в которой впервые был дан глубокий анализ физических свойств систем заряженных частиц (плазмы), показана неприменимость к нему газокINETического уравнения Больцмана, предложено новое кINETическое уравнение (ныне уравнение Власова), учитывающее коллективные взаимодействия между заряженными частицами. А.А. Власов впервые учел качественно иной, чем в обычном газе, характер взаимодействия между частицами плазмы и уже в то время сделал вывод, что "плазма — это не газ, а своеобразная система, стянутая далекими силами" [14]. Эта тематика была продолжена А.А. Власовым в докторантуре, где он обучался с 1939 по 1941 год и легла в основу его докторской диссертации "Теория вибрационных свойств электронного газа и ее приложения" [15].

В начале Великой Отечественной войны многие преподаватели и профессора физического факультета, среди них и А.А. Власов, подали заявления с просьбой направить их в народное ополчение. Анатолию Александровичу в просьбе было отказано [16, с. 142]. В сентябре 1941 года началась частичная эвакуация университета и наиболее ценные книжные фонды научной библиотеки были направлены на барже в Хвалынский, а оттуда в Кустанай [16, с.

146]. А.А. Власов эвакуируется в Ашхабад. В это время на кафедре теоретической физики осталось лишь два преподавателя: заведующий кафедрой доцент В.С. Фурсов и доцент А.А. Власов [16, с. 154]. В.С. Фурсов в декабре 1941 года был призван в армию [17, с. 224]. А.А. Власов читал курс квантовой механики и работал над докторской диссертацией. В 1942 году в Ашхабаде на Ученом Совете физического факультета она была успешно защищена [3, с. 253].

Решением ВАК от 14 ноября 1942 года А.А. Власову была присвоена ученая степень доктора физико-математических наук.

За построение теории вибрационных свойств электронного газа в 1944 году А.А. Власов был удостоен в Московском университете Ломоносовской премии первой степени (в 1944 году эта премия присуждалась впервые [3, с. 264–265; 32, с. 49]). В этом же году А.А. Власов стал профессором (утвержден в ученом звании профессора кафедры теоретической физики решением ВАК 9 сентября 1944 года) [7, с. 46; 8, 18].

Понятие коллективных взаимодействий, впервые введенное А.А. Власовым, ныне широко используется в теоретической физике при исследовании многочастичных систем.

Дальнейшее развитие теории вибрационных свойств электронного газа позволило А.А. Власову создать фундаментальный метод исследования свойств плазмы. Эти работы, не получившие в начале признания некоторых физиков, впоследствии были высоко оценены как в нашей стране, так и за рубежом, и в 1970 году за них А.А. Власову была присуждена Ленинская премия [32].

В связи с пятидесятилетием Советского государства основополагающая в теории плазмы работа А.А. Власова "О вибрационных свойствах электронного газа [14] была воспроизведена в УФН (т. 93, вып. 3, с. 444–470, 1967) в числе выдающихся отечественных работ за истекшие полвека.

После возвращения из эвакуации в 1943 году А.А. Власов был избран по конкурсу на должность заведующего кафедрой теоретической физики. Кроме А.А. Власова в конкурсе участвовал и И.Е. Тамм (результаты голосования: А.А. Власов — 24 "за", И.Е. Тамм — 5 "за") [19]. По существующим в то время правилам результаты конкурса должна была утвердить Комиссия по делам высшей школы. Чтобы помешать этому утверждению 14 академиков обратились с письмом к председателю Комитета высшей школы С.В. Кафтанову. Результатом этого обращения стало назначение в 1944 г. заведующим кафедрой теоретической физики МГУ

академика В.А. Фока, который начал с того, что исключил из плана кафедры работы А.А. Власова. Из-за возникшего конфликта В.А. Фок оставляет эту должность [20], а в 1945 году были утверждены результаты избрания А.А. Власова на должность заведующего кафедрой. В связи с этим член-корреспондент АН СССР М.А. Леонтович ушел из университета.

В 1946 году ЖЭТФ опубликовал статью В. Гинзбурга, Л. Ландау, М.А. Леонтовича, В. Фока "О несостоятельности работ А.А. Власова по обобщенной теории плазмы и теории твердого тела" [57]. Ответ А.А. Власова на эту статью журнал не опубликовал. Он был опубликован в "Вестнике Московского университета" [58].

14 мая 1947 года Ученый Совет университета постановил снять с должности заведующего кафедрой теоретической физики профессора А.А. Власова и объявить конкурс. Однако после положительного отзыва Макса Борна о работах А.А. Власова это решение было отменено [19].

В своей книге "Сергей Иванович Вавилов" Л.В. Левшин пишет: "Вскоре после окончания войны в Москву приехал известный немецкий теоретик Макс Борн. С.И. Вавилов пригласил на эту встречу в ФИАН ряд работников из других учреждений. В их числе был и Власов. Сергей Иванович посоветовал подарить Борну отпечаток своей работы по теории твердого тела. В ней строилась иная теория по сравнению с теорией кристаллической решетки, развиваемой М. Борном.

В назначенный срок Власов был на месте, и Сергей Иванович представил его Борну. Власов протянул ему свою статью, а Вавилов прочитал из нее первую фразу: "В теории твердого тела М. Борна сам факт периодической структуры кристаллов не выводится, а постулируется". Борн подумал и сказал, что он позднее даст ответ. Действительно, вскоре он опубликовал статью в журнале "Nature" относительно статистической теории кристаллов, где дал положительную оценку работы Власова" [65, с. 71].

Как было позже показано голландским физиком Ван Кампеном в работе "К теории стационарных волн в плазме" [21], выбор Власовым решения предложенного им кинетического уравнения о незатухающих волнах в плазме, является правильным, и, следовательно, приведенное в статье [57] высказывание о том, что полученное Власовым дисперсионное уравнение бессмысленно, является ошибочным. В целом о характере статьи [57] обстоятельно изложено в работе [59].

Идеи, высказываемые А.А. Власовым, были в значительной мере нетривиальны для своего времени и зачастую вызывали ожесточенные споры. А. Сахаров в своих воспоминаниях [58] приводит еще один пример — предложение А.А. Власова использовать термодинамические понятия для систем с малым числом частиц. Сразу после войны это вызвало резкое неприятие у многих физиков. А несколько позже оказалось, что при определенных условиях и системы с малым числом частиц могут быть эргодическими.

А.А. Власов заведовал кафедрой теоретической физики в 1945–1953 годах. В это время здесь стали работать Н.Н. Боголюбов, Д.Д. Иваненко, А.А. Соколов и ряд других видных отечественных физиков. Свои взгляды на развитие теоретической физики А.А. Власову приходилось неоднократно отстаивать в острых дискуссиях. В 1949 году они достаточно полно были изложены в подготовленном им выступлении на Организационном комитете не состоявшегося Всесоюзного совещания по философским вопросам физики в прениях по докладу С.И. Вавилова [22, 56].

20 декабря 1952 года на имя ректора МГУ академика И.Г. Петровского поступило представление от декана физического факультета: "Деканат физического факультета просит освободить профессора А.А.Власова от обязанностей заведующего кафедрой теоретической физики и просит назначить заведующим кафедрой теоретической физики профессора Н.Н. Боголюбова" [23].

2 января 1953 года А.А. Власов пишет заявление на имя ректора МГУ:

"Настоящим прошу освободить меня от административной должности заведующего кафедрой теоретической физики физического факультета" [24].

26 января 1953 года ректор МГУ объявил приказ по Главному управлению университетов Министерства высшего образования СССР от 15 января 1953 года: "Утвердить доктора физико-математических наук профессора Н.Н. Боголюбова в должности заведующего кафедрой теоретической физики Московского ордена Ленина Государственного университета имени М.В. Ломоносова по совместительству, освободив от указанной должности профессора Власова А.А. по личной его просьбе"[25].

В завершение этой административной процедуры по освобождению А.А. Власова от должности заведующего кафедрой 11 февраля 1953 года был издан приказ ректора № 55: "Доктора физико-математических наук заведующего кафедрой теоретической физики физического факультета профессора Власова А.А. с 1-го февраля 1953 г. освободить от исполнения обязанностей заведующего кафедрой с оставлением в должности профессора той же кафедры согласно личной просьбе.

Установить профессору Власову А.А. с 1-го февраля 1953 г. оклад по должности профессора 5500 руб. в месяц.

Основание: личное заявление, приказ по главному управлению университетов МВО № 15 от 15/I-53 г. и представление декана факультета." [26].

Помимо работ по теории плазмы А.А. Власову принадлежат также исследования по теории кристаллического состояния и теории гравитации. Последние годы жизни он посвятил построению оригинальной теории множественного рождения частиц.

Осенью 1958 года А.А. Власов был командирован в Китайскую Народную Республику [27], где читал курс лекций в Пекинском университете по теории высокотемпературных плазмOIDов.

В декабре 1958 года Анатолий Александрович возвращается в Московский университет и с 7 декабря приступает к исполнению своих обязанностей [28, 29]. В 1959 году была переведена на китайский язык его монография "Теория многих частиц" и учебник "Макроскопическая электродинамика."

Осенью 1963 года А.А. Власов был командирован для чтения курса лекций в Монгольском университете сроком на два месяца. До Улан-Батора и обратно он ехал поездом [30, 31].

В течение всех столь насыщенных творческой деятельностью лет А.А. Власов большое внимание уделял научно-педагогической деятельности. Став профессором Московского университета в 1944 году, он читал лекции на физическом факультете по многим разделам теоретической физики, опубликовал ряд учебников и учебных пособий: "Макроскопическая электродинамика" (1955), "Статистическая физика и термодинамика" (публиковались Московским университетом с 1960 года ротaпpинтным способом).

Анатолий Александрович был на редкость цельной личностью, в которой органически сочетались честность, внима-

тельность и доброжелательность с обостренным неприятием к позерству и фальши, приводившей иногда к нелюбезной прямолинейности в дискуссиях.

Отличительной чертой Анатолия Александровича являлась его принципиальность и убежденность. Так, например, когда в период приемных экзаменов на факультет одна из сотрудниц факультета обратилась к нему, проводившему экзамены, с просьбой, сообщая необходимые сведения об одном из абитуриентов, сыне ее хороших знакомых: "Прекрасный мальчик прекрасных интеллигентных родителей, очень, очень талантлив...", — Анатолий Александрович громко ответил: "Обещаю Вам, если ко мне попадет Ваш протеже, поставить ему то, что он заслуживает".

Анатолий Александрович был блестящим лектором. Его лекции отличались филигранностью, глубиной излагаемого материала и увлекательностью. Они проходили в переполненных аудиториях. С теплотой вспоминает о них один из студентов физического факультета МГУ (бывший ученик И.Е. Тамма) А. Сахаров [64]. А.А. Власов активно занимался методологическими проблемами теоретической физики и часто выступал с интересными докладами на методологическом семинаре физического факультета [53].

В последние годы жизни А.А. Власов читал два специальных курса — "Дополнительные главы статистической физики" и "Взаимодействие заряженных частиц с твердым телом", — которые пользовались неизменным успехом у студентов и аспирантов факультета.

Более 40 лет жизни отдал Анатолий Александрович служению советской науке и воспитанию молодежи. В сокровищницу мировой науки вошло кинетическое уравнение Власова. Среди многочисленных учеников Анатолия Александровича десятки видных ученых — кандидатов и докторов физико-математических наук.

Плодотворная научная, научно-педагогическая и общественная деятельность А.А. Власова была отмечена правительственными наградами. Он был награжден несколькими орденами и медалями Советского Союза.

Научные достижения А.А. Власова вошли как составная часть в современную теоретическую физику.

22 декабря 1975 года после тяжелой и продолжительной болезни Анатолий Александрович Власов скончался. Он похоронен в Москве на Донском кладбище.

ПЕРВЫЕ РАБОТЫ А.А. ВЛАСОВА

Первые научные статьи Анатолия Александровича посвящены теории ширины спектральных линий. Приведем здесь аннотации этих статей.

В первой статье "Замечания к теории уширения спектральных линий" (1934 год) отмечается, что одну из причин уширения спектральных линий авторы ряда опубликованных работ усматривают в наличии связи между молекулярными осцилляторами, вызывающей расщепление собственной частоты несвязных осцилляторов, а, следовательно, обуславливающей, в случае различной величины связи, различное расщепление, дающее уширение спектральных линий. Однако, проводя рассмотрение системы одинаковых хаотически расположенных осцилляторов, в статье показывается, что как классическая, так и квантовомеханическая теория дают лишь сдвиг спектральных линий, а не уширение их.

В конце статьи автор благодарит профессора Л.И. Мандельштама за предоставление темы и профессора И.Е. Тамма за живое участие и систематическую помощь в работе.

Во второй статье, совместной с В.С. Фурсовым, "Теория ширины спектральных линий в однородном газе (ширины связи)" (1936 год) авторы пишут, что вопрос об уширении спектральных линий в газах, происходящем вследствие увеличения плотности основного газа, давно и не раз разбирался в литературе как с экспериментальной, так и с теоретической стороны. Экспериментально было установлено, что уширение при увеличении плотности основного газа значительно сильнее, чем при добавлении постороннего газа. Это специфически сильное уширение спектральных линий, происходящее в результате взаимодействия одинаковых атомов, получило название ширины связи.

Для того, чтобы теоретически объяснить ширину связи в ряде работ делались различные гипотезы, которые в статье критикуются и указывается на их несостоятельность. Так Гольтсмарк

и Я.И. Френкель при решении вопроса о ширине спектральных линий, происходящей от взаимодействия атомов, заменяли газ моделью, состоящей из неподвижных, одномерных, параллельных осцилляторов, вследствие чего, как показано в статье, теряются особенности, существенные для разбираемого вопроса.

Далее отмечается, что для газа, где частицы находятся в беспорядочном движении и время от времени могут пролетать друг относительно друга на малых расстояниях, можно считать, что для уширения спектральных линий, при не слишком больших плотностях, существенны лишь явления, происходящие вследствие взаимодействия двух атомов как раз тогда, когда они близко находятся друг от друга. Сильное уширение спектральных линий при повышении плотности основного газа указывает на то, что оно связано с взаимодействием двух атомов сравнительно на далеком расстоянии, и, следовательно, естественно для теоретического объяснения этого уширения принять во внимание лишь дальнотянущие силы взаимодействия между одинаковыми атомами. Поэтому Вейскопф заменял атомы одинаковыми линейными осцилляторами, взаимодействующими между собой с помощью дипольных полей. Однако, указывается в статье, рассмотрение Вейскопфом самого удара между одинаковыми атомами не вполне корректно, и совпадение его результата, хотя и только по порядку величины, с результатами правильного расчета авторов является чисто случайным.

На основе соображений, приведенных в критике цитируемых работ, в статье дается рациональное объяснение большого увеличения ширины линий при повышении плотности однородного газа, согласно которому это последнее происходит, во-первых, от повышенного затухания атома вследствие отдачи энергии окружающим телам и, во-вторых, от изменения амплитуды колебаний не только по величине, но и по знаку при близких пролетах. Вопрос рассмотрен классически и квантовомеханически. Продискутировано сравнение полученных результатов с экспериментом. Качественно разобрано влияние излучения во время удара на форму и ширину спектральных линий, показано, что оно дает дополнительные асимметричные уширения.

В заключении статьи авторы выражают сердечную благодарность профессору И.Е. Тамму и профессору М.А. Леонтовичу за внимание и интерес к работе.

Работа была доложена на коллоквиуме теоретического отдела ФИАН и НИИФ МГУ 3 марта 1936 года.

В третьей статье, также выполненной совместно с В.С. Фурсовым, "Ширина спектральных линий при больших плотностях" (1939 год) проведено вычисление уширения резонансного уровня вследствие дипольного взаимодействия между одинаковыми атомами при больших плотностях собственного газа. Рассматривается однородный газ настолько большой плотности, в результате чего внутри оптической сферы действия одновременно находится большое число атомов. В этом случае уже нельзя рассматривать соударение только двух атомов, а необходимо учесть одновременное взаимодействие возбужденного атома со всеми остальными. При обычных способах возбуждения, например, электронным ударом, когда одновременно возбуждена лишь ничтожная доля всех атомов, практически можно считать, что каждый возбужденный атом находится в окружении только невозбужденных атомов того же рода. Если возбужден резонансный уровень атома, то перекачка энергии другим атомам будет происходить уже из-за дипольных членов энергии взаимодействия. Поэтому уширение резонансного уровня вследствие указанной причины при достаточной плотности газа будет преобладающим. Эти соображения авторов были приведены ими уже в предыдущей (второй) статье и здесь они распространяются на случай больших плотностей однородного газа.

В работе продискутировано влияние этого уширения на ширину спектральных линий. Вычисленное значение уширения оказалось в удовлетворительном согласии с величинами, найденными из опытных данных.

ТЕОРИЯ ВИБРАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ЭЛЕКТРОННОГО ГАЗА И ЕЕ ПРИЛОЖЕНИЯ

Именно так назвал свою докторскую диссертацию А.А. Власов, рукопись которой к сожалению не сохранилась, однако она была опубликована с дополнениями в монографии [15] (написанной в рамках одноименной темы, утвержденной Президиумом Академии наук и Всесоюзным комитетом по делам высшей школы), основу которой составляет работа [14].

Монография имеет две части — собственно теоретическую и прикладную.

Во введении критически анализируются существующие теории систем заряженных частиц и формулируется постановка проблемы. "Современные теории ... совокупностей заряженных частиц базируются на аналогии с обычным газом из нейтральных частиц, таким образом предполагают, что движение каждой заряженной частицы происходит в основном по инерции, за исключением коротких времен сближения "удара". Последовательное проведение такого взгляда опирается на основное интегральное уравнение кинетической теории газов,

Такие представления в различных модификациях были развиты и использовались в ряде проблем многими авторами: Ландау ⁵ (см. [33] — примечание авторов) , Томасом ⁴ (см. [34] — примечание авторов), Эпштейном, Дривейштейном ⁶ (см. [35] — примечание авторов), Давыдовым ¹⁷ (см. [36–38] — примечание авторов) и др.

Однако газокинетическая теория (теория парных соударений) в приложении к частицам с кулоновским законом взаимодействия при ближайшем рассмотрении имеет ряд принципиальных затруднений как с теоретической, так и с опытной стороны" [15].

К числу затруднений газокинетического подхода А.А. Власов относит следующие обстоятельства:

1. Теория парных соударений находится в конфликте с исследованиями Рэля (1906 г.) [39] и Ленгмюра и Тонкса (1929 г.) [40, 41] о наличии собственных вибраций в электронной газовой плазме.

В отличие от газокINETического подхода изменение плотности со временем имеет вибрационный характер и частота этого процесса ω_0 при обычных условиях намного больше частоты релаксации $\omega_{st} : \omega_{st} \ll \omega_0$.

2. В приложении к кулоновскому взаимодействию между частицами теория парных столкновений не может считаться законной, так как входящие в газокINETическое уравнение члены, учитывающие такое взаимодействие расходятся.

О наличии расходимости в то время было уже известно в литературе [33, 42] и в связи с этим предпринимались попытки ее устранения. Этому посвящены работы Ленгмюра [41], Ландау [33], Друейштейна [35], Давыдова [36–38], Гвоздовера [43], однако они основывались на ограничении пределов изменения прицельного расстояния. С точки зрения А.А. Власова в данном случае учет далеких сил является принципиально важным, поскольку только их действие приводит к наличию вибрационных свойств электронного газа.

3. Теория парных столкновений не позволяет объяснить экспериментальные исследования Меррилла и Вебба [44] (см. также [40–41, 45–47]) об аномальном рассеянии электронов в газовой плазме.

Отмечая, что причина указанных затруднений заключается в игнорировании сил на далеких в сравнении с расстоянием между частицами дистанциях, в монографии ставится задача построения кINETической теории газовой плазмы с учетом "далеких сил" и рассмотрением в качестве приложения развиваемой теории ряда явлений, не имеющих в то время (1937 г.) рационального объяснения, и выяснения определяющей роли вибраций в новых явлениях.

Сведений о колебаниях (вибрациях) электронной плазмы было в то время немногим более того, что сделал Рэлей в 1906 году [39]: Ленгмюр нашел собственные колебания, аналогичные рэлеевским [40], Ромпе и Штейнбек [42] учли влияние сжимаемости на собственную частоту электронной плазмы.

В своей работе А.А. Власов ставит ряд вопросов, на которые предстоит ответить:

"Исчерпываются ли вибрации только видами, указанными Рэлеем и Ленгмюром?

Каковы свойства этих вибраций при различных физических условиях (роль границ, роль температуры, роль неизотермичности и т.п.)?

Имеют ли место колебания для электронного газа в условиях металла и какова их роль? "

Он отмечает актуальность исследования колебаний в электронном газе для конкретных приложений к различным физическим явлениям (торможение электронов в газовой электронной плазме, в металлах, в оптике металлов, при распространении радиоволн в ионосфере) на которую указывают экспериментальные данные.

Задачи своей работы А.А. Власов определяет следующим образом:

"1. Дать рациональный аппарат, позволяющий бы достаточно полно выяснить особенности вибраций в различных случаях многоэлектронных проблем (газовая электронная плазма, электронные пучки, ионосфера, электронный газ в металлах) и при различных физических условиях.

2. Указать способы возбуждения вибрации физическими агентами и дать теорию этих способов.

3. Выяснить значение и роль вибраций в некоторых физических явлениях."

Полученные результаты в теоретической части работы он определяет так:

"В теоретической части найдено кинетическая теория с учетом далеких сил и ее гидродинамическая аппроксимация, и квантовая теория вибраций, имеющая место для колебаний электронного газа внутри металла.

На основе развитого аппарата определяются типы вибрационных спектров (объемные и поверхностные колебания как продольного, так и поперечного характера в газовой электронной плазме и в электронной плазме в условиях металла).

Определяется влияние на характер вибраций различных физических факторов (влияние температуры, влияние границ,

вибрационный спектр в потоке, вибрационные спектры в изотермической и неизотермической плазме и др.).

Дана теория способов возбуждения колебаний а) электронным пучком, б) электронными волнами, с) под влиянием флуктуационных причин."

В результате проведенных в первой части монографии [15] теоретических исследований были рассмотрены некоторые приложения теории, в которых выяснена определяющая роль вибраций. Они сводятся к следующему:

1. Дана теория явления аномально сильного рассеяния электронов в газовой плазме, обусловленная возбуждением колебаний плазмы, экспериментально установленного Ленгмюром и Веббом и др.

2. Установлена связь между двумя экспериментальными явлениями — эффектом Вуда (прозрачность щелочных металлов в ультрафиолете) и селективным фотоэффектом и дано толкование последнему как резонансного эффекта с колебаниями электронной плазмы частоты ω_0 и более рациональное объяснение первому, чем это известно в литературе.

3. Указан новый вид комбинационного рассеяния электромагнитных волн на колебаниях электронной плазмы и дана его теория для щелочных металлов в области ультрафиолета и для условий в ионосфере.

4. Дана квантовая теория торможения электронов в металле, обусловленная потерей энергии на возбуждение колебаний плазмы.

5. Проведено кинетическое рассмотрение распространения модуляций в электронных пучках применительно к задачам теории электронно-лучевых высокочастотных генераторов и выясняется роль вибраций в электронных пучках в этой проблеме.

Ниже мы в основном изложим установление А.А. Власовым принципиально нового кинетического уравнения — уравнения Власова, его решение и важнейшие приложения.

Система кинетических уравнений Власова

Газовая плазма представляет собой совокупность электронов, ионов и нейтральных частиц. Состояние плазмы определяется соответственно тремя функциями распределения: $f_e(\vec{r}, \vec{p}, t)$ для

электронов, $f_i(\vec{r}, \vec{p}, t)$ для ионов и $f_n(\vec{r}, \vec{p}, t)$ для нейтрального газа. Здесь $\vec{r}$ — радиус-вектор положения частицы, $\vec{V}$ — ее скорость, $\vec{p}$ — импульс в момент времени t .

Кинетическое уравнение для функций распределения каждого сорта частиц определяет изменение со временем числа этих частиц в единице шестимерного пространственно-скоростного объема за счет их трансляции, действия внешних сил и взаимодействия со всеми другими частицами. Первые два изменения учитываются для всех трех функций распределения одинаково обычным способом. Изменение функций распределения электронов и ионов, обусловленное их взаимодействием с нейтральными частицами, может быть описано путем введения "сферы действия" при соударениях по известной схеме кинетического уравнения Больцмана — соответствующими членами столкновений. Наиболее существенным для плазмы является учет взаимодействия между заряженными частицами. В связи с медленным спаданием кулоновских сил с расстоянием между частицами это взаимодействие нельзя удовлетворительно описать посредством соударений частиц, не учитывая "далеких сил". Поэтому разделим его рассмотрение на две части: во-первых, взаимодействия на близких дистанциях — меньших среднего расстояния между частицами — и, во-вторых, взаимодействия на "далеких" дистанциях — больших этого расстояния.

Взаимодействие на близких расстояниях может быть учтено путем обрыва кулоновского взаимодействия, например, на половине среднего расстояния между частицами и, следовательно, эту часть взаимодействия можно также учесть по схеме кинетического уравнения Больцмана. Учет взаимодействий на далеких расстояниях, играющих основную роль для изучения вибрационных свойств плазмы (без их учета кинетическое уравнение Больцмана не приводит к возникновению таких свойств плазмы!) Власов предложил проводить через электромагнитные поля, определяемые уравнениями Максвелла.

Так для осуществления вибрационных свойств концентрация заряженных частиц и нейтрального газа должна быть такой, чтобы частота пульсаций ω была больше частоты соударений заряженных частиц с нейтральным газом ($\omega \gg \nu$), то ударами электронов с нейтральным газом при этом можно пренебречь (рас-

смаатривая фактически полностью ионизированную плазму). К такому же выводу приводит и полученная в [15] оценка взаимодействия посредством "удара" между электронами и ионами.

Итак, вопрос о вибрационных свойствах допускает упрощение задачи — можно пренебречь всеми взаимодействиями посредством "удара" [15]. Таким образом, для функций распределения заряженных частиц f_e и f_i получаем следующую систему кинетических уравнений Власова [15]:

$$\begin{aligned}\frac{\partial f_e}{\partial t} + \nabla \frac{\partial f_e}{\partial \vec{r}} - e \left(\vec{E} + \frac{1}{c} [\nabla, \vec{B}] \right) \frac{\partial f_e}{\partial \vec{p}} &= 0 \\ \frac{\partial f_i}{\partial t} + \nabla \frac{\partial f_i}{\partial \vec{r}} + e \left(\vec{E} + \frac{1}{c} [\nabla, \vec{B}] \right) \frac{\partial f_i}{\partial \vec{p}} &= 0 \\ \text{rot} \vec{B} = \frac{4\pi \vec{j}}{c} + \frac{1}{c} \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}, \quad \text{rot} \vec{E} = -\frac{1}{c} \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} & \\ \text{div} \vec{E} = 4\pi \rho, \quad \text{div} \vec{B} = 0 & \\ \rho = e \int (f_i - f_e) d\vec{p}, \quad \vec{j} = e \int (f_i - f_e) \nabla d\vec{p} &\end{aligned} \tag{1}$$

($-e$ — заряд электрона).

Система уравнений Власова (1) одновременно определяет как функции распределения f_e и f_i , так и поля $\vec{E}$, $\vec{B}$. Такие поля называются самосогласованными, а саму систему уравнений (1) — систему кинетических уравнений Власова с самосогласованным полем.

Кинетическое уравнение Власова

При рассмотрении вопросов, связанных с большими частотами, допустимо еще одно упрощение в уравнениях (1): след-

ствии большей массы ионов m_i в сравнении с массой электронов m можно их перемещением пренебречь и рассматривать движение электронов в облаке равномерно распределенного положительного заряда ионов с электрической плотностью $\rho_+ = e \frac{N}{V} = en$ (N — число электронов, V — занимаемый ими объем, n — плотность электронов) только для одного электронного газа:

$$\frac{\partial f}{\partial t} + \mathbf{v} \frac{\partial f}{\partial \mathbf{r}} - e \left(\vec{E} + \frac{1}{c} [\mathbf{v}, \vec{B}] \right) \frac{\partial f}{\partial \mathbf{p}} = 0, \quad (2)$$

где

$$\begin{aligned} \operatorname{rot} \vec{B} &= \frac{1}{c} \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} - \frac{4\pi e}{c} \int \mathbf{v} f d\mathbf{p}, \operatorname{div} \vec{B} = 0 \\ \operatorname{div} \vec{E} &= 4\pi \left(\rho_+ - e \int f d\mathbf{p} \right), \operatorname{rot} \vec{E} = -\frac{1}{c} \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}. \end{aligned} \quad (3)$$

Роль положительных ионов (n — их плотность) выступает только в выражении для полной плотности зарядов, т.е. сводится лишь к компенсации части электрической плотности, соответствующей стационарному распределению.

В кинетическое уравнение Власова с самосогласованным полем для электронного газа плазмы (2) входит сила Лоренца $e \left(\vec{E} + \frac{1}{c} [\mathbf{v}, \vec{B}] \right)$. Пренебрегая в уравнении (2) магнитным полем и рассматривая только электрическое поле

$$\vec{E} = -\frac{\partial \Phi}{\partial \mathbf{r}}, \quad (4)$$

где Φ — потенциал электрического самосогласованного поля, получим кинетическое уравнение Власова для электронного газа в этом случае:

$$\frac{\partial f}{\partial t} + \mathbf{\nabla} \frac{\partial f}{\partial \vec{r}} + \frac{e}{m} \frac{\partial \Phi}{\partial \vec{r}} \frac{\partial f}{\partial \mathbf{V}} = 0, \quad (5)$$

где $f = f(\vec{r}, \mathbf{V}, t)$ и потенциал Φ согласно (3) определяется уравнением Пуассона

$$\nabla^2 \Phi = 4\pi \left(e \int f d\mathbf{V} - \rho_{\text{э}} \right). \quad (6)$$

Линеаризованное кинетическое уравнение Власова

Кинетическое уравнение Власова (5) совместно с уравнением (6) для плазмы, как и кинетическое уравнение Больцмана для газа, является нелинейным интегро-дифференциальным уравнением. Когда отклонение плазмы от равновесного состояния невелико, уравнение (5) можно линеаризовать. Линеаризованное кинетическое уравнение Власова позволяет описать целый ряд явлений в плазме. Найдем это уравнение.

При небольшом отклонении от равновесия функцию распределения электронов плазмы можно представить в виде

$$f(\vec{r}, \mathbf{V}, t) = f_0(\mathbf{V}) + f_1(\vec{r}, \mathbf{V}, t), \quad (7)$$

где $f_0(\mathbf{V})$ — равновесная (максвелловская) функция распределения, $f_1(\vec{r}, \mathbf{V}, t)$ — малая по сравнению с f_0 величина ($f_1 \ll f_0$).

Подставляя (7) в (5) и опуская квадратичные члены по f_1 , получим линеаризованное уравнение Власова

$$\frac{\partial f_1}{\partial t} + \mathbf{\nabla} \frac{\partial f_1}{\partial \vec{r}} + \frac{e}{m} \frac{\partial \Phi}{\partial \vec{r}} \frac{\partial f_0}{\partial \mathbf{V}} = 0, \quad (8)$$

где $\Phi(\vec{r}, t)$ удовлетворяет уравнению Пуассона

$$\nabla^2 \Phi = 4\pi e \int f_1 d\mathbf{V}. \quad (9)$$

КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ В ЭЛЕКТРОННОЙ ПЛАЗМЕ

Установление кинетического уравнения Власова привело к принципиально новому подходу к физике плазмы, как новому, четвертому, состоянию вещества. Появилось большое число работ по изучению ее свойств на основе решения кинетического уравнения Власова.

Применим линейризованное уравнение Власова (8) с самосогласованным полем (9) к исследованию колебаний электронной плазмы и распространению волн в ней.

Дисперсионное уравнение Власова

При малых отклонениях плотности электронов от равновесия зависимость функции $f_1(\vec{r}, \vec{V}, t)$ и потенциала $\phi(\vec{r}, t)$ примем в виде продольной плоской волны, распространяющейся вдоль оси Ox :

$$\begin{aligned} f_1 &= A(\vec{V})\exp[i(kx - \omega t)] \\ \phi_1 &= B\exp[i(kx - \omega t)]. \end{aligned} \tag{10}$$

Подставляя (10) в (8) и (9), получим

$$(\omega - kV_x)f_1 = \frac{ek\phi}{m} \frac{\partial f_0}{\partial V_x}, \tag{11}$$

$$k^2\phi = -4\pi e \int f_1 dV. \tag{12}$$

Уравнения (11) и (12) позволяют при определенных условиях найти закон дисперсии продольных волн в плазме, т.е. зависимость круговой частоты ω от волнового вектора k (дисперсионное уравнение). Действительно, из (11) имеем

$$f_1 = \frac{ek}{m} \frac{\Phi}{\omega - k \mathbf{V}_x} \frac{\partial f_0}{\partial \mathbf{V}_x}. \quad (13)$$

Подставляя в (13) выражение для Φ из (12), найдем

$$f_1 = \frac{4\pi e^2}{mk^2} \frac{1}{\mathbf{V}_x - \omega/k} \frac{\partial f_0}{\partial \mathbf{V}_x} \int f_1 d\mathbf{V}_r,$$

откуда после интегрирования по скоростям получаем дисперсионное уравнение Власова

$$\frac{4\pi e^2}{mk^2} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\partial f_0(\mathbf{V}_x)}{\partial \mathbf{V}_x} \frac{d\mathbf{V}_x}{\mathbf{V}_x - \omega/k} = 1, \quad (14)$$

где

$$f_0(\mathbf{V}_x) = n \left(\frac{m}{2\pi\theta} \right)^{1/2} \exp \left(-\frac{m\mathbf{V}_x^2}{2\theta} \right).$$

Содержащийся в этом уравнении расходящийся при $\mathbf{V}_x = \frac{\omega}{k}$ интеграл Власов берет в смысле главного значения.

Определим, как рассасывается неоднородность электронной плотности, созданной в плазме. Поэтому считаем в дисперсионном уравнении (14) заданной величину $k = 2\pi/\lambda$.

Рассмотрим физически наиболее интересный случай, когда макроскопическая неоднородность, созданная в электронной плазме, велика по сравнению с дебаевским радиусом ($\lambda \gg r_d$). В этом случае фазовая скорость волны $\frac{\omega}{k}$ велика по сравнению со

средней квадратичной скоростью теплового движения плазмы V_0 (см. ниже) и уравнение (14) можно приближенно записать в виде

$$\frac{4\pi e^2}{km\omega} \int_{-\infty}^{\infty} \left[1 + \frac{kV_x}{\omega} + \left(\frac{kV_x}{\omega} \right)^2 + \dots \right] \frac{\partial f_0(V_x)}{\partial V_x} dV_x = -1 \quad (15)$$

Отсюда в первом приближении

$$\frac{4\pi e^2}{km\omega} \int_{-\infty}^{\infty} \left[1 + \frac{kV_x}{\omega} \right] \frac{\partial f_0(V_x)}{\partial V_x} dV_x = -1 \quad (16)$$

и так как

$$\frac{\partial f_0(V_x)}{V_x} = -\frac{mV_x}{\theta} f_0(V_x),$$

то из (16) получаем

$$\omega^2 = \frac{4\pi ne^2}{m} = \omega_0^2, \quad (17)$$

где ω_0 — ленгмюровская частота электронных колебаний, возникающих при смещении всех электронов в некоторой области плазмы. Появляющееся при этом электрическое поле возвращает электроны к их равновесному распределению.

Закон дисперсии в рассматриваемом приближении такой, что циклическая частота колебаний ω не зависит от волнового вектора и равна постоянной ленгмюровской частоте. Это указывает на аномально сильную дисперсию колебаний электронной плазмы, именно такой, что величина групповой скорости при такой дисперсии равна нулю, т.е. колебания в этом случае не распространяются. Созданная электронная макроскопическая неоднородность в плазме не релаксирует, как в обыч-

ном газе, а вибрирует (не распространяясь) с большой частотой $\left(\omega_0 \approx 5 \times 10^6 \text{ с}^{-1} \text{ и } n = 10^{16} \text{ л}^{-3}\right)$

В следующем приближении из (15) получаем

$$\omega^2 = \omega_0^2 + \frac{3\theta}{m} k^2 = \omega_0^2 + \frac{3\theta}{m} \left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^2 \quad (18)$$

Из этой формулы видно, что в отличие от первого приближения, созданная макроскопическая неоднородность электронов в плазме вибрирует с частотой, зависящей от величины неоднородности λ и распространяется с фазовой скоростью

$$V_\phi = \frac{\omega}{k} \approx \frac{\omega_0}{k} = \sqrt{\frac{4\pi n e^2}{m}} \frac{1}{k}.$$

Ограничение на величину неоднородности $(\lambda \gg r_d)$ следует из (18). Действительно, согласно (18)

$$\omega^2 = \omega_0^2 + \frac{3\theta}{m} k^2 = \omega_0^2 \left[1 + \frac{3\theta k^2}{m\omega_0^2} \right] = \omega_0^2 \left[1 + 3r_d^2 \left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^2 \right],$$

где $r_d = \left(\frac{\theta}{4\pi n e^2}\right)^{1/2}$ — электронный дебаевский радиус. Из условия

$$3r_d^2 \left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^2 \ll 1$$

получаем $\lambda \gg r_d$.

В случае, если задается частота, дисперсионное уравнение (18) запишется в виде

$$k^2 = (\omega - \omega_0^2) / V_0^2, \quad (19)$$

$$V_0^2 = \frac{3\theta}{m}.$$

Из уравнения (19) следует, что при $\omega > \omega_0$ волновой вектор будет действительным, т.е. в этом случае в плазме будут распространяться продольные волны. В случае же $\omega > \omega_0$, k — мнимо, нет распространения; пространственная зависимость решения в этом случае аналогична статической поляризации.

Для групповой скорости продольных волн из (18) имеем

$$V_{\partial\omega} = \frac{d\omega}{dk} = \frac{3\theta}{m} \frac{k}{\omega},$$

откуда замечаем, что групповая и фазовая скорости связаны соотношением

$$V_{gp} V_\phi = V_0^2,$$

причем, так как по условию $\frac{kV_0}{\omega_0} < 1$, то групповая скорость всегда меньше, а фазовая скорость всегда больше квадратичной тепловой скорости электронов V_0 .

Приведенные результаты были получены А.А. Власовым в 1937 году в своей фундаментальной работе "О вибрационных свойствах электронного газа" [14].

Затухание Ландау

В 1946 году Л.Д. Ландау в работе "О колебаниях электронной плазмы" [49], решая кинетическое уравнение Власова (8), нашел, что плазменные колебания являются затухающими, хотя декримент затухания и мал при малых волновых числах. При этом отмечалась ошибочность большинства результатов Власова, поскольку они следуют из полученного им дисперсионного уравнения (14), содержащего расходящийся интеграл, для которого бе-

рется главное значение, для чего, как утверждал автор, нет никаких оснований. Однако, как было показано позже (1955 г.), выбор Власовым главного значения был правильным [21] (см. п. 3).

Найдем декримент затухания электронной плазмы Ландау, следуя [50].

Кинетическое уравнение Власова (8) с самосогласованным полем (9) приводит, как мы видели, к уравнению (13) и дисперсионному уравнению Власова (14):

$$\frac{\omega_0^2}{k^2} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\partial \bar{f}_0(\mathbf{v}_x)}{\partial \mathbf{v}_x} \frac{d\mathbf{v}_x}{\mathbf{v}_x - \omega/k} = 1 \quad (20)$$

$$\left(\bar{f}_0(\mathbf{v}_x) = \frac{1}{n} f_0(\mathbf{v}_x) \right)$$

Подынтегральная функция в этом уравнении имеет полюс при $\mathbf{v}_x = \omega/k$. Для придания смысла интегралу в этом уравнении, будем вместо строго гармонического $(e^{-i\omega t})$ рассматривать электрическое поле, определяемое потенциалом $\phi(\vec{r}, t)$, которое бесконечно медленно включается от времени $t = -\infty$. Такому описанию поля соответствует добавление к частоте бесконечно малой положительной мнимой части, т.е. замена $\omega \rightarrow \omega + i\delta$, где $\delta \rightarrow +0$. Действительно, при этом $\phi \sim \exp(-i\omega t + t\delta) \rightarrow 0$ при $t \rightarrow \infty$.

Таким образом, обход полюса $\mathbf{v}_x = \omega/k$ определяется заменой

$$\omega \rightarrow \omega + i0,$$

т. е. проводится снизу действительной оси.

Воспользуемся в уравнении (20) под знаком интеграла символической формулой

$$\frac{1}{x + i\varepsilon} = \frac{P}{x} \mp i\pi\delta(x),$$

где $\varepsilon \rightarrow 0, \varepsilon > 0$, P определяет взятие (при дальнейших интегрированиях) главного значения. Тогда получим

$$\frac{\omega_0^2}{k^2} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\partial \bar{f}_0(\mathbf{v}_x)}{\partial \mathbf{v}_x} \frac{d\mathbf{v}_x}{\mathbf{v}_x - \omega/k} + i\pi \frac{\omega_0^2}{k^2} \frac{\partial \bar{f}_0(\mathbf{v}_x)}{\partial \mathbf{v}_x} \bigg|_{\mathbf{v}_x = \omega/k} = 1 \quad (21)$$

Разлагая подынтегральное выражение для малых значений волновых векторов $\left(k \ll \frac{1}{r_d}\right)$ будем иметь

$$-\frac{\omega_0^2}{k} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\mathbf{v}_x} \frac{\partial \bar{f}_0(\mathbf{v}_x)}{\partial \mathbf{v}_x} \sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{k\mathbf{v}_x}{\omega} \right)^n d\mathbf{v}_x + i\pi \frac{\omega_0^2}{k^2} \frac{\partial \bar{f}_0(\mathbf{v}_x)}{\partial \mathbf{v}_x} \bigg|_{\mathbf{v}_x = \omega/k} = 1$$

Ограничиваясь учетом первых двух членов разложения, находим

$$\frac{\omega_0^2}{\omega^2} \left(1 + \frac{3\theta}{m\omega^2} k^2 \right) + i\pi \frac{\omega_0^2}{k^2} \frac{\partial \bar{f}_0(\mathbf{v}_x)}{\partial \mathbf{v}_x} \bigg|_{\mathbf{v}_x = \omega/k} = 1,$$

откуда, учитывая, что $\sqrt{\frac{3\theta}{m}} k \ll \omega$, получаем

$$\omega^2 = \omega_0^2 + \frac{3\theta}{m} k^2 + i\pi \frac{\omega_0^2}{k^2} \frac{\partial \bar{f}_0(\mathbf{v}_x)}{\partial \mathbf{v}_x} \bigg|_{\mathbf{v}_x = \omega/k} \quad (22)$$

Полагая $\omega = \omega' - i\gamma$ (считаем, что колебания $\exp(-i\omega t)$ являются затухающими $\exp(-i\omega t - \gamma t)$) из (22) находим

$$\omega' = \omega_0 (1 + 3k^2 r_d^2)^{\frac{1}{2}}$$

и детерминант затухания Ландау продольных волн в бесстолкновительной плазме равен

$$\gamma = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\pi}{2}} \frac{\omega_0}{(rk_d)^3} \exp \left[-\frac{1}{2} (kr_d)^{-2} \right] \quad (23)$$

Как видно из формулы (22), детерминант затухания волн, имеющих длину волны $\lambda \gg r_d$ (или $kr_d \ll 1$), экспоненциально мал.

Явление диссипации энергии продольных волн в бесстолкновительной плазме называется затуханием Ландау.

Волны Ван Кампена

В 1955 году Ван Кампен в работе "К теории стационарных волн в плазме" [21] показал, что существование затухания Ландау не означает невозможность собственных незатухающих волн в плазме. Дело в том, что дисперсионное уравнение Власова (14), определяющее ленгмюровские волны без затухания, относится лишь к частному случаю решения кинетического уравнения Власова (8). В действительности же уравнение (8) описывает гораздо более широкий класс волн в плазме. Глубокий анализ работы Ван Кампена приведен в книге Б.Б. Кадомцева "Коллективные явления в плазме" [60].

Решение уравнения (11) в виде (13) имеет определенное значение до тех пор, пока $\omega \neq kV_x$. Поэтому при использовании решения (13) без $\omega = kV_x$, которое мы запишем в виде

$$f_1 = \frac{P}{\omega - k \mathbf{V}_x} \frac{ek}{m} \frac{\partial f_0}{\partial \mathbf{V}_x} \Phi,$$

расходящийся интеграл в (14) можно брать в качестве главного значения.

Решение неоднородного уравнения (11) в виде (13) не является полным. К нему необходимо добавить произвольное решение соответствующего однородного уравнения

$$(\omega - k \mathbf{V}_x) f_1 = 0 \quad (24)$$

которое имеет нетривиальное решение в виде $\eta \delta(\omega - k \mathbf{V}_x) \Phi$ где η — любая константа (точнее, функция от ω и k) [60, с.97]. Таким образом, наиболее общее решение уравнения (11) имеет вид

$$\tilde{f}_1 = \frac{P}{\omega - k \mathbf{V}_x} \frac{ek}{m} \frac{\partial f_0}{\partial \mathbf{V}_x} \Phi + \eta \delta(\omega - k \mathbf{V}_x) \Phi \quad (25)$$

Подставляя выражение (25) в уравнение Пуассона (12), находим дисперсионное уравнение

$$1 + \frac{4\pi e^2}{mk} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\omega - k \mathbf{V}_x} \frac{\partial f_0}{\partial \mathbf{V}_x} d\mathbf{V}_x + \frac{4\pi e}{k^2 |k|} \eta = 0 \quad (26)$$

Так как это уравнение содержит две неизвестные функции ω и η , оно не дает однозначной связи ω с волновым числом k . Его скорее следует рассматривать как уравнение для определения η при заданном ω . Это значит, что при данном k частота ω может быть совершенно произвольной, т.е. спектр собственных колебаний для ω непрерывен. Другими словами, для любой частоты ω можно подобрать такую величину η , т.е. плотность

резонансных частиц, при которой решение будет иметь вид незатухающей волны с данной частотой ω . Это и есть волна Ван Кампена. Каждая из волн Ван Кампена представляет собой модулированный поток частиц, движущийся со скоростью, равной фазовой скорости волны $V_\phi = \frac{\omega}{k}$ (этот пучок описывается вторым слагаемым в (25)), вместе с сопровождающим его поляризованным облаком, возникающим в результате воздействия пучка на электроны плазмы. Возмущение f_1 в этом облаке описывается первым слагаемым в (25).

Если длина волны возмущения достаточно велика ($kr_d \ll 1$), а частота ω близка к ленгмюровской, то величина η , определяемая выражением (26), очень мала, так как при этом сумма первых двух слагаемых в (26) близка к нулю. В этом случае мы имеем дело с плазменной волной с малой добавкой резонансных частиц. Как отмечает Б.Б. Кадомцев [60], волнами Ван Кампена целесообразнее было бы считать решения, заметно отличающиеся от ленгмюровских волн, когда второе слагаемое в (25) больше по сравнению с первым [21]. Таким образом, можно считать, что собственные решения электронной плазмы состоят из волн Ван Кампена — модулированных пучков — и ленгмюровских волн. Следовательно, физический смысл решения Власова, приводящего к дисперсионному уравнению для незатухающих волн в плазме, состоит в том, что оно описывает волну с добавкой группы резонансных частиц.

ОТКРЫТИЕ НОВОЙ ЗАКОНОМЕРНОСТИ В СЛАБОИОНИЗИРОВАННОЙ ПЛАЗМЕ

Важнейшей характеристикой состояния плазмы является величина степени ионизации газа — отношение концентрации заряженных частиц к общей концентрации частиц. Специфика слабоионизированной плазмы состоит в том, что основным компонентом в ней является газ нейтральных атомов и молекул (степень ионизации составляет доли процента). По известной теории индийского физика М. Саха считалось, что в такой плазме степень ионизации уменьшается с ростом концентрации нейтрального газа при постоянной температуре. Однако физики Московского университета — доктора физико-математических наук А.А. Власов и А.А. Введенцов и кандидаты физико-математических наук М.А. Яковлев и В.А. Алексеев — теоретически и экспериментально показали [32, 51], что при большой плотности нейтрального газа свойства холодной плазмы радикально меняются — с ростом концентрации нейтрального газа n растет степень ионизации (понижается потенциал ионизации атомов J). Понижение потенциала ионизации

$$\delta J \sim (U_{ea} + U_{ia} \times U_{ii})n$$

обусловлено притяжением электронов и ионов к нейтральным атомам (U_{ea}, U_{ia}) в плотной слабоионизированной плазме, а также тем, что при высокой плотности холодной плазмы, вследствие поляризационного притяжения нейтральных атомов к заряженным частицам, возникает эффективное притяжение ионов (U_{ii}) .

Понижение потенциала ионизации атомов приводит к существенному изменению свойств плотной слабоионизированной плазмы: экспоненциальному росту электропроводности

$$\sigma \sim \exp\left(-\frac{J - \Delta J}{2kT}\right),$$

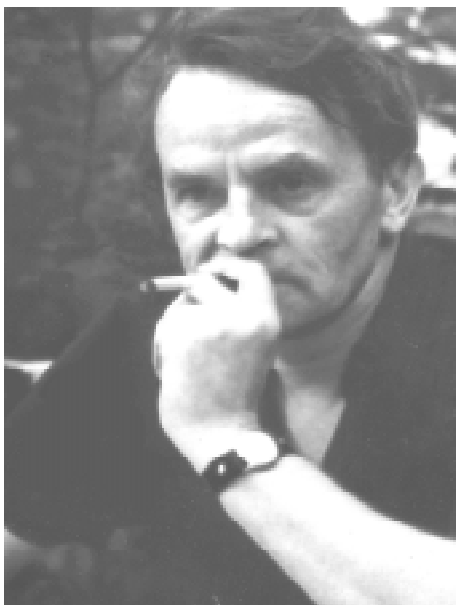
уменьшению термоЭДС; изменяется и ряд других свойств.

25 марта 1982 года это открытие А.А. Власова, А.А. Введеннова, М.А. Яковлева и В.А. Алексеева внесено в Государственный реестр открытий СССР за № 225 с приоритетом от 27 мая 1970 года, 10 октября 1973 года и следующей формулой: "Установлена неизвестная ранее закономерность понижения потенциала ионизации атомов в плотной слабоионизированной плазме (на примере плазмы щелочных металлов), заключающаяся в уменьшении потенциала ионизации с ростом концентрации нейтрального газа в плазме и обусловленная взаимодействием ионов и электронов с нейтральными атомами и притяжением между ионами при посредстве нейтрального газа".

Открытая закономерность коренным образом меняет сложившиеся представления о роли нейтрального газа в плазменных явлениях и способствовала решению важных научно-технических проблем, в частности, созданию новых типов магнетогидродинамических генераторов электроэнергии и преобразователей теплоты в электроэнергию, а также совершенствованию технологии лазерной сварки и резки.



Семья Власовых. Сидят: Мария Федоровна и Александр Николаевич; стоят: Валентина Александровна Анатолий Александрович и Антонина Александровна



А.А.Власов: 40-е годы



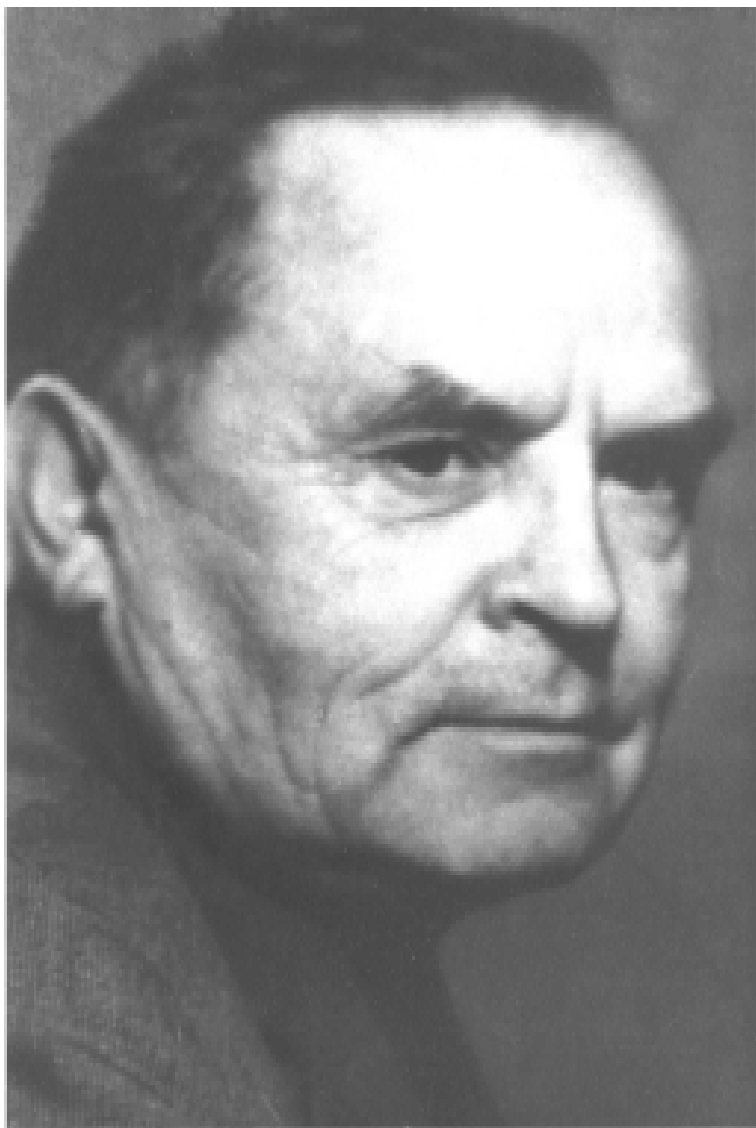
А.А. Власов среди выпускников физического факультета МГУ 1950 г. В первом ряду: Д.Д. Иваненко, А.А. Соколов, А.К. Тимирязев, А.А. Власов, А.Н. Тихонов, А.А. Самарский



А.А. Власов в санатории "Солнечная Поляна", 1957 г.



В.С. Фурсов, А.П. Скибарко, С.П. Стрелков, Ю. Казначеев,
А.А. Власов — однокурсники, выпускники МГУ 1931 года—
в день юбилея С.П. Стрелкова 18 сентября 1965 г.



А.А. Власов в 60-е годы



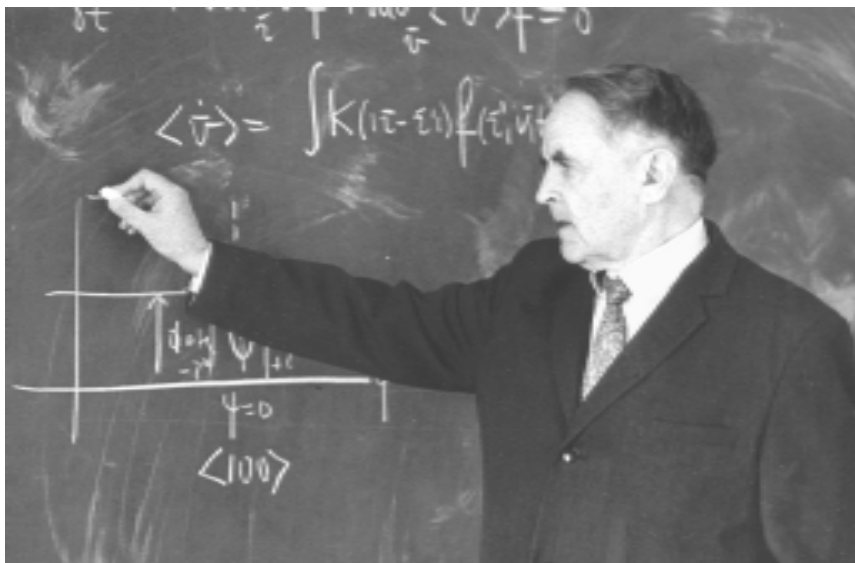
А.А. Власов в санатории "Подлипки", 1965 г.



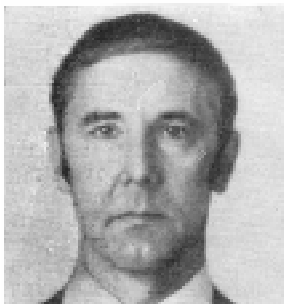
А.А. Власов, С.И. Усагин, К.С. Усагина, А.В. Власова и ее сестра, 60-е годы



А.А. Власов в 1967 году



А.А. Власов на лекции. Физический факультет, 70-е годы, аудитория 4-58



Авторы открытия А.А. Власов, А.А. Введенков, М.А. Яковлев, В.А. Алексеев

О ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКЕ

В 1949 году Анатолий Александрович Власов выступил в прениях по докладу Президента АН СССР академика Сергея Ивановича Вавилова (сокращенный доклад С.И. Вавилова опубликован в сборнике [55]) на организационном комитете Всесоюзного совещания по философским вопросам физики, проведение которого планировалось в 1949 году. Это выступление профессора А.А. Власова выражает принципиальную позицию одного из ведущих физиков-теоретиков физического факультета Московского университета по развитию теоретической физике у нас в стране и по ее методологическим проблемам. Оно актуально и для нашего времени. Ниже мы приводим текст этого выступления с сохранением авторского стиля [22, 56].

В нашей стране созданы все условия для развития науки и, в частности, теоретической физики.

Представляется трудным выделить особенно крупные достижения за последние годы — их много и они разнообразны. Часто они значительно опережают достижения зарубежной науки. Несмотря на определенную условность выделения исследований я хотел все же отметить некоторые из них.

1. Тщательные теоретические исследования о разнообразных вопросах изучения и распространения радиоволн в различного типа неоднородных средах (распространение и излучение коротких волн в трубах, распространение в ионосфере и атмосфере, в слоистых средах и др.).

В некоторых случаях эти исследования являются классическими, поскольку точно решают задачу.

2. Работа по теории конденсированных сред (кинетическая теория жидкостей, теория кристаллического состояния, общие статистические методы, связанные с этими вопросами). Эта область теперь стала на передовой фронт теоретической физики, ибо вскрывает такие свойства сильно и коллективно взаимодействующих частиц, которые являются в сущности общими для разнообразных физических объектов, включая и атомные ядра.

3. Работы по теории элементарных частиц. Хотя в настоящее время рациональной теории не создано ни у нас, ни за границей, успехи в этой области несомненны. В частности, я хочу отметить разнообразные вопросы рассеяния одних частиц на других, вопросы образования устойчивости новых атомов, являющихся комбинацией новых элементарных частиц — позитрона и электрона, положительного и отрицательного мезотрона.

4. Работы по торможению и излучению быстро движущихся частиц со скоростями, превышающими фазовую скорость света, представляют удачное сочетание совместного контакта теоретиков и экспериментаторов. Нужно только брать пример и поощрять такое сочетание.

5. Сильное теоретическое развитие вопроса о свойствах гелия при низких температурах и особенно уяснение свойств "второго звука", представляет также пример удачного сочетания работы теоретиков и экспериментаторов. Хотя не следует думать, что проблема сверхтекучести представляется в принципе уясненной.

6. Работы по теории разрывов непрерывности в различного типа физических средах представляются весьма существенными. Является несомненным, что эффекты разрывных волн, завоевавшие себе место в газодинамике, недостаточно еще использованы в других физических случаях, например, в статистической механике и химически реагирующих средах и в других. Кажется плодотворным это новое направление.

7. Работы по выяснению природы происхождения космических лучей. Выдвинутая и развитая в последние 2–3 года гипотеза о происхождении космического радиуса, обусловленного эффектом ускорения различных заряженных частиц электрическими вихревыми полями, которые производят вращающиеся намагниченные тела, дает для энергий приближающийся к опыту порядок величины и кажется теперь весьма близкой к действительности.

Наконец, крупные исследования по различным конкретным вопросам физики говорят о широком фронте работ, именно:

- а) работы по ферромагнетизму,
- б) работы по полупроводникам,
- в) работы по теории электронной плазмы,
- г) работы по акустике,
- д) работы по общим методам в квантовой механике, особенно вторичному квантованию,
- е) работы по квантовой электродинамике,
- ж) работы по разработке нового аппарата теории возмущения и многое, многое другое.

Хотя перечисленные и неперечисленные исследования представляют весьма ценный вклад, говорят за непрерывный рост нашей науки, во многих случаях они опережают зарубежную теоретическую физику, но все же нам сейчас этого мало.

1. Мало опередить зарубежную физику в различных областях, оставаясь в рамках существующих теорий. Новый период требует создания больших полотен, не уступающих по ценности основным физическим теориям последних десятилетий.

Советская теоретическая физика может и должна подняться на новый этап — этап критического пересмотра принципов физических теорий с физических, математических и философских позиций. К этапу создания по силе и плодотворности не менее мощных физических теорий, чем ведущие физические теории нашего времени.

Может показаться, что теоретическая физика, возглавляемая некоторыми физиками-теоретиками, не подлежит критике. Наоборот, общее направление кажется весьма прогрессивным. Эти ученые являются представителями передовых физических теорий нашего времени: квантовой и релятивистской механики.

Плодотворная деятельность некоторых физиков-теоретиков, кажется, не подлежит никакому сомнению, достаточно перелистать журналы по физике — они заполнены многочисленными работами самих физиков-теоретиков, их учеников, статьями со ссылками на эти работы в русских и иностранных журналах.

Однако во многом это лишь внешняя сторона, за которой скрывается часто поразительная творческая безыдейность, примат неглубокой вычислительной техники, формы над живой мыслью, некритическое, формальное освоение физических теорий.

2. Хотя направление в теоретической физике, о котором идет речь, привело к ряду положительных результатов, все же эти результаты получены в рамках соответствующих теорий, созданных за рубежом. Нам сейчас этого мало. Можно утверждать, что за последние 20–25 лет самостоятельного крупного направления в теоретической физике не создано. Здесь не может быть двух мнений. Это точный неопровержимый факт. Мы имеем дело со школами в организационном отношении, но не со школами с выращенными собственными научными направлениями, подобными, например, школе Павлова в физиологии.

3. Характер творчества этих ученых может быть охарактеризован в своей основе как техническое совершенствование некоторых отдельных деталей современного здания теоретической физики. Работы не вскрывают каких-либо существенно новых положений, затрагивающих принципы физических теорий, не дают какого-либо намека на существенное их обобщение.

Нетворческое восприятие физических теорий порождает формализм, приводящий зачастую к бесплодности ряда работ или к ошибочным заключениям. Например:

1) Направление, в котором повинны многие: получить теорию элементарных частиц, подбирая тот или иной вид Лагранжевой функции. Неужели не ясно, что без глубокого физического понимания объекта, без идей невозможно "с потолка" создать рациональную теорию? Естественно, что многочисленные подобные попытки за рубежом и у нас ни к чему плодотворному не привели.

2) Примером, когда стремление только к форме не приводит к каким-либо результатам, являются работы по толкованию кинетического уравнения Больцмана с точки зрения стохастических процессов. Это пересказ физически одного и того же факта на разных языках. Естественно, что они не дали какого-либо продукта.

3) Пример, когда некритическое восприятие физической теории приводит к неправильным результатам: уравнение Больцмана написано для любых сил взаимодействия, а, следовательно, оно применимо и для электронного газа. Однако если мы применим, то впадем в грубую ошибку.

4) Метод статистической механики Гиббса является строгим выражением задачи многих частиц. Но если мы будем следовать ему, мы не получим кристаллического состояния.

В двух последних примерах мы имели дело с примером формального применения аппарата теории без глубокого уяснения исходных пунктов. Уравнение Больцмана нельзя применять для электронов, в частности, уже потому, что метод выбрасывает эффект "дальних" взаимодействий. Метод Гиббса не дает кристалла потому, что он применим только для систем, в которых реализуются ансамбли. Таких примеров формального восприятия физических теорий можно указать много.

5) Не может быть двух мнений о том, что концепция Бора, лежащая в основе физического понимания квантовой механики, является выражением субъективного идеализма на физическом языке. Опровергнуть эту концепцию — это значит прежде всего

ограничить универсальность квантовой механики, как всеобщего способа познания всякой физической реальности. Эта проблема чужда духу некоторых физиков-теоретиков, стоящих на позициях копенгагенской школы, они не только не могут ее решить, но и бесконечно далеки от самой постановки ее решения.

6) Как показать узость физического горизонта, вскрыть недостаточность теоретической базы некоторых физиков-теоретиков? Это значит показать, что действительные физические явления гораздо богаче, чем те физические представления, в узком плену которых находятся эти теоретики. Это значит показать, что схема понятий, лежащая в основе мощных современных физических теорий, не является универсальной. Это не значит опровергнуть эти теории, но значит открыть такие области физических явлений, объяснение которых принципиально не может быть понято на языке статистической, квантовой, релятивистской механики.

7) Антинаучные тенденции имеются в учебных руководствах по теоретической физике.

До сих пор основной лейтмотив изложения физических теорий почти во всех учебных руководствах по теоретической физике — это попытки представить их как стройное, замкнутое логическое построение красивого здания — и только. Требования должны быть изменены, изложение должно вскрывать уязвимые места физических теорий с физических, математических и философских позиций. Только так теоретическая физика будет изучаться как творческая наука. Примеры:

1. Стремление изложить электродинамику исходя только из вариационных принципов, диктуется только стремлением к красивой форме. Вариационные принципы — хорошие принципы, но они не исчерпывают содержания электродинамики. При таком стремлении приходится опускать факты, не укладывающиеся в эти рамки, обходить молчанием статические методы, которые не выводятся из вариационных принципов, что в конце концов является антинаучным.

2. Имеется стремление в монографиях и курсах по статистической физике вывести все свойства реальных тел, исходя из одного динамического уравнения Гиббса. Это хорошее желание. Метод Гиббса дал и дает много. Но все же он не универсален. Показывать его ограниченность — это творческий шаг. Нигде этот шаг не сделан и он оставляет новые возможности.

3. Курсы квантовой механики излагают эту науку как универсальную, способную в принципе объяснить все, что касается атомных масштабов и масштабов больших, вплоть до макроскопических.

Такая универсальность — заблуждение. Свойства многих коллективно взаимодействующих частиц не могут быть получены исходя только из аппарата квантовой механики. К сожалению, этот факт не является еще общим достоянием, а именно он является источником дальнейшего творческого развития.

Учебники по теоретической физике неудовлетворительны в методическом отношении.

Учебники по квантовой механике проникнуты духом копенгагенской школы. Учебники по статистической физике — универсальностью метода Гиббса, когда он не является универсальным.

Учебники по теории относительности требуют релятивистской инвариантности всех уравнений физики.

Но успехи самой же физики как подтверждают, так и опровергают тезис о требованиях релятивистской инвариантности. Аппарат теории относительности создан только для 4-мерного пространства, между тем приходится иметь дело с фазовыми пространствами многих измерений. Представляет принципиальную трудность возможность обобщения на эти пространства. Релятивистская теория создана только для локализованных частиц, совершенно противоречит ее духу концепции нелокализованных частиц. Правильное решение — это точное ограничение области приложимости релятивистской теории. К сожалению, эти вопро-

сы не только не излагаются, но считается и до сих пор постановка их признаком дурного тона.

О некоторых путях развития теоретической физики

1. Каким путем должна пойти теоретическая физика на более высокий уровень своего развития? Только путем изменения общей атмосферы в этой науке. Это изменение заключается в признании того, что мощные физические теории последних десятилетий не являются в принципе достаточными для объяснения некоторых старых и новых физических явлений. Нужен выход из рамок этих теорий. Нужно создать благоприятную атмосферу для создания принципиально новых физических теорий. Это не значит обязательно опровергнуть существующие, но это значит найти им свое место, но найти место также и новым.

Только таким путем мы можем преодолеть зарубежную науку.

2. Существует достаточно оснований для того, чтобы отрицать универсальность физических теорий последних десятилетий. К ним относятся:

1) Тот факт, что аппарат современной классической, статистической и квантовой механики бессилен разобраться в сущности в простом физическом объекте — в принципах природы кристаллического состояния. Кристаллы нельзя вывести как следствие задачи многих частиц, описываемых одним из этих методов или их комбинацией. В задаче многих коллективно взаимодействующих частиц мы имеем качественно новое обстоятельство, не заключающееся в рамках этих теорий.

2) Тот факт, что не решается (в течение последних 2 десятилетий) основная проблема теории элементарных частиц, спектр масс и частиц, указывает на недостаточность наших теоретических схем. Надежды на создание релятивистской квантовой механики

не оправдались, и как им оправдаться, когда они основываются на формальном перенесении идей макроскопического поля на область малых пространственно-временных интервалов.

3) Проблема сверхпроводимости фактически указывает на недостаточность и узость принципов статистической теории необратимых процессов. Требуется явный выход из этих рамок.

4) Одна из основных, если не самая коренная методологическая недостаточность в сущности всех физических теорий, заключается в скрытой, часто неосознанной роли приводящих субъективных элементов, привносимых в теорию процессом измерения или другими обстоятельствами.

Выявить их, управлять ими, устранять их там, где это нужно, вскрывать конкретный объективный момент в субъективном или где он существует — это прямая наша обязанность. В квантовой механике эта роль возведена в абсолют; неумение отделить эти элементы возведено в ранг принципиальной неотделимости субъективных элементов от объекта. Это обстоятельство приводит к субъективному идеализму в физике.

Аналогичное положение дел, в сущности, имеет место и в других физических теориях.

Субъективные элементы имеются и в электродинамике (наличие пробного тельца необходимо для введения концепции электромагнитного поля).

Выкорчевывание их, управление ими — одна из основных целей материалистической физической теории.

5) Другие общие методологические принципы являются также ведущими для усматривания недостатков в наших физических теориях. В самом деле, вполне ли удовлетворительно в наших теоретических схемах включено положение о том, что движение неотъемлемо, органически присуще материи? Далеко нет. Уже в схеме классической механики движение только обусловлено начальными условиями. Нужно считать дефектом классической схе-

мы то, что флуктуации как частный случай теплового движения не включены в эту схему.

Разве представление о термостате в статистической механике адекватно отображает наличие флуктуаций в системе многих частиц? Конечно нет. Природа указывает на наличие флуктуационного выброса частиц — без наличия какого-либо термостата. В электродинамике факт наличия тривиального решения с отсутствием поля указывает на несовершенство электродинамической схемы. Создать физическую теорию, в которой органически включено движение, — вот одна из наших задач.

3. Наконец, великий принцип причинности в физических теориях отображен только частично и по-разному в механике, электродинамике, статистической и квантовой теории. Представляется несовершенством наших теоретических схем тот факт, что не сформулировано на физическом языке его полное выражение. Чаще всего принцип причинности формулируется как задача Коши: заданные начальные условия должны однозначно определять течение процесса в будущем. Но можно ли поставить знак равенства между принципом причинности и задачей Коши? Мы отвечаем отрицательно на этот вопрос.

Например, в электродинамике требуется одновременно с начальными условиями знать значение поля на границе пространственной области для всех времен $-\infty \leq t \leq +\infty$.

В других теориях имеет смысл изучать временные процессы, не могущие быть сформулированы как решение задачи Коши, а как решение краевой задачи для времени или как решение задачи о термодинамических процессах во времени, которые в общем случае не принадлежат к задаче Коши, а представляют самостоятельную особую задачу.

Между тем отождествление принципа причинности с постановкой задачи Коши приводит к чрезвычайно ответственным

следствиям. Так, например, в схеме релятивистской теории ограничения скорости распространения всех физических действий обусловлены принципом причинности, понимаемым как задача Коши.

Представляется плодотворной задачей более углубленное физическое понимание принципа причинности, чем его выражение с помощью задачи Коши.

Что можно еще сказать о направлении работы по выходу из наших схем?

Нужно иметь в виду, что стыки между теориями различных областей всегда были источником появления новых представлений. Я хочу обратить внимание на некоторые из подобных проблем.

а) Стык между статистической механикой и электронной теорией. Обычные методы типа динамического уравнения Гиббса не обобщаются на электромагнитных взаимодействиях между частицами. В уравнениях электронной теории нельзя ввести так называемые корреляционные функции распределения. Представления об ансамблях Гиббса противоречат духу электродинамики. Мы здесь имеем дело с необходимостью введения новой статистической схемы (Действительно, как было показано в работах 60-х годов, аналогичный нерелятивистской статистической физике формализм для систем частиц с электромагнитным взаимодействием может быть сформулирован лишь в приближении слабого релятивизма, то есть с точностью до v^2/c^2 [61–63]. — Примеч. авторов).

б) Стык между аппаратом теории относительности и опять статистической механикой. Аппарат статистической теории требует многомерных пространств, аппарат релятивистской теории приспособлен только для 4-мерного пространства. В уяснении

физических причин, связанных с трудностями подобных обобщений, нужно ждать прогресса в дальнейшем.

в) Принято считать, что молекулярное обобщение феноменологической теории сплошных сред (гидродинамики) завершено в классических исследованиях Максвелла, Больцмана, Гильберта и многих других.

Однако эти обобщения не явились объективными для понимания гидродинамики в некоторых крайних случаях — случае разреженного газа с одновременным наличием больших скоростей движения, требуемых современной релятивистской техникой.

Этот стык теории материального континуума с атомистикой совершенно далек от исчерпания. Наоборот, он сулит неожиданное и новое. Это новое обусловлено нами, что экспериментальные средства, в которые ставится изучаемая совокупность частиц, не гарантирует строгой пространственной и скоростной локализации частиц, которая положена в основу прежней теории обоснования гидродинамики на основе атомизма.

г) Стык между релятивистской и квантовой механикой требует своего нового пересмотра с точки зрения физических позиций. Концепция поля требует классического пробного тельца, удовлетворяющего принципу локализации в координатном и скоростном пространстве. Этот принцип локализации, однако, находится в конфликте с принципом неопределенности. Поэтому кажется, что современные попытки создания релятивистской квантовой теории элементарных частиц с полевыми взаимодействиями являются попытками внутренне согласовать физические теории, основывающиеся на противоположных исходных положениях.

4. Что можно сказать о создании в настоящий момент физической теории, не уступающей по своей силе аппарату классической, статистической и квантовой механики?

Можно сказать, что такая теория в своей основе создана. Именно создан физический и математический аппарат системы многих частиц, в котором:

а) включена вся классическая и теоретическая механика для дискретных точек как частный случай;

б) включена теория сплошных сред (гидродинамика) как частный случай;

в) включена классическая электродинамика как частный случай.

Одновременно с этим единообразно включено и тепловое движение. Таким образом мы имеем здесь дело с весьма сильным обобщением прежних теорий.

Специфические черты этой теории таковы:

1) Факт коллективного взаимодействия является довольно мощным источником совершенно новых свойств в совокупности многих частиц.

2) Факт движения неотделим от самих частиц. Он органически присущ системе многих частиц.

3) Субъективные элементы выделены, ими можно управлять по нашему произволу. Теория не опровергает квантовой механики, но ограничивает ее универсальность.

К результатам, которые невозможно получить из классической статистической или квантовой механики, относится образование кристалла, разнообразные свойства электронных совокупностей.

В новой теории кристаллического состояния периодическое распределение плотности вероятности частиц есть состояние (движения) системы частиц, а не конструкция. Можно говорить об образовании кристалла уже из двух частиц при определенных условиях, в котором должны удовлетворять силы взаимодействия, температура и средняя плотность вероятности.

Теоретическая физика помимо экспериментальной связана с математикой. Она ставит глубокие принципиальные математические проблемы, к числу которых следует отнести создание аппарата нелинейных, интегродифференциальных уравнений. Математики мало интересуются уравнениями теоретической физики, не соблюдается чувство меры между увлечением высокоабстрактными теориями и конкретными математическими проблемами, которые ставит физика. Традиции, созданные великим Чебышевым, сочетавшим в себе абстрактные интересы с практическими, мало сохраняются.

Теоретическая физика переживает переходный этап в своем развитии. Молодые физические теории последних 50 лет являются в принципе достаточными для объяснений некоторых старых и в особенности новых физических явлений. Разрешите сформулировать некоторые ближайшие центральные проблемы теоретической физики, о которых можно указать направления решения:

1) Дальнейшая разработка аппарата коллективно и сильно взаимодействующих частиц (метода f -функций), могущего решить вопрос об образовании в спектре атомных ядер и, по-видимому, пролить свет на проблему элементарных частиц.

2) Установление связи между f и x функциями — вторая центральная проблема теоретической физики.

3) Установление строгих критериев, ограничивающих аппарат f -функций (включающий как нерелятивистскую, так и релятивистскую квантовую механику), представляет третью центральную проблему теоретической физики.

4) Дальнейшая разработка новой теории кристаллического состояния, в особенности выяснения роли границ¹ (проблема

¹ Как со стороны макроскопических, так и в первую очередь со стороны микроскопических масштабов.

органического кристалла), и распространение идей нелокализованных частиц на всю молекулярную физику представляет четвертую проблему.

5) Решение проблемы сверхпроводимости и сверхтекучести на основе нового подхода системы коллективно взаимодействующих частиц — пятая проблема.

6) Центральным пунктом диалектико-материалистических проблем в теоретической физике на самый ближайший этап развития следует считать выделение субъективных моментов в физических теориях, обусловленных процессом измерения. Требуется осознать их и устранить там, где это нужно. С этой целью должен быть подвергнут пересмотру аппарат макро- и микроэлектродинамики, аппарат статистической механики, аппарат теории относительности, аппарат квантовой механики.

7) Создание отечественных учебников по теоретической физике, органически использующих принципы диалектико-материалистической философии, вскрывающей недостатки наших изученных представлений и намечающей пути их устранения, — седьмая проблема теоретической физики.

НО ВЕДЬ ЭТО — ВЛАСОВ!

У всех, кто знал Анатолия Александровича Власова, остались о нем неизгладимые впечатления.

По словам академика В.П. Маслова Анатолий Александрович Власов обладал уникальной физической интуицией. Его лекции отличались глубоким физическим смыслом, а математические аспекты получали неожиданную физическую интерпретацию.

Академик А.А. Логунов и член-корреспондент РАН С.С. Герштейн подробно рассказывали о нем как ученом и человеке: "Анатолий Александрович Власов несомненно является одним из выдающихся физиков нашего столетия. Открытие им в 1938 году кинетического уравнения для описания плазмы стало крупнейшим достижением статистической физики после работ Гиббса и Больцмана. Уравнение А.А. Власова является основой для описания свойств плазмы и различных процессов, происходящих в ней. Поскольку плазма — четвертое состояние вещества, встречающееся повсюду и в виде плазмы газового разряда и космической плазмы, в термоядерных установках и в виде электронного газа в металлах и во многих других условиях, уравнение Власова имеет чрезвычайно широкое применение. Исследованию уравнения Власова и различным его приложениям посвящены сейчас многие монографии. Без использования его не обходится ни один современный учебник по физике плазмы. Поиски стационарных решений уравнения Власова выявили важность и смысл так называемого дисперсионного уравнения, установленного А.А. Власовым. Они привели к открытию незатухающих волн в плазме (так называемых волн Ван Кампена). С другой стороны, Л.Д. Ландау, решая с помощью уравнения А.А. Власова нестационарную задачу о ко-

лебаниях плазмы, обнаружил явление диссипации энергии продольных волн в бесстолкновительной плазме (названное впоследствии затуханием Ландау). Оба полученных результата являются сейчас классическими.

А.А. Власов был блестящим лектором. Его лекции, отличающиеся глубиной и стройностью изложения, неизменно происходили при переполненной аудитории. Особым достоинством его лекций, привлекавшим слушателей, был тщательный анализ фундаментальных основ излагаемых теорий и постановка нерешенных проблем.

Темперамент А.А. Власова и его любовь к науке невольно заражали энтузиазмом слушателей. Все учившиеся у него всегда вспоминают его с большой теплотой и благодарностью.

А.А. Власов был не очень "удобным" в общении человеком. У него бывали вспышки гнева, когда он сталкивался с глупостью или профанацией науки и он мог, не стесняясь в выражениях, изложить это человеку, какое бы высокое положение он не занимал. Вместе с тем подкупала в Анатолии Александровиче его широта и искренность, доброе отношение к людям.

Для 30–40-х была характерна борьба различных и группировок в советской науке. Эта борьба во многом отражала существовавшее положение в стране и часто прикрывалась идеологическими соображениями. А.А. Власов, несмотря на свое, казалось бы благополучное официальное положение, был одной из жертв этой борьбы. Он не принадлежал к реакционной части физического факультета, отрицавшей теорию относительности и квантовую механику. Мы помним, что во время нашего обучения на физическом факультете (в конце 40-х–начале 50-х годов) А.А. Власов был одним из ярких защитников этих теорий (хотя и указывал на возможность различных интерпретаций квантовой механики). Однако противостояние академической и университетской (физфаков-

ской) науки того времени рикошетом ударило по нему. Резкая критика работ А.А. Власова со стороны известных ученых в 1946 году была несправедлива хотя бы потому, что по существу "выплескивала" самое выдающееся достижение: открытие кинетического уравнения плазмы. Только в 1970 году это достижение было удостоено Ленинской премии. "Слишком поздно" — сказал Анатолий Александрович, когда его поздравляли с этой премией".

Великий физик-теоретик и математик нашего времени дважды Герой Социалистического труда академик Николай Николаевич Боголюбов очень высоко оценивал работы Анатолия Александровича Власова по статистической физике. В своей знаменитой ионографии "Проблемы динамической теории в статистической физике" Н.Н. Боголюбов выразил благодарность проф. А.А. Власову, "беседы с которым значительно способствовали автору в уяснении им физической стороны рассматривавшихся проблем". В этой книге, получаемое автором новым методом кинетическое уравнение для систем заряженных частиц, впервые называлось кинетическим уравнением Власова с самосогласованным полем.

В 1975 году А.А. Власов отдал в издательство "Наука" рукопись своей последней монографии "Статистическая механика с нецелым (вероятностным) числом частиц". Ставший в последствии по предложению Н.Н. Боголюбова редактором этой книги один из его учеников Владимир Константинович Федянин в одной из своих статей в связи с этим пишет [52]:

"Издательство послало рукопись на рецензию в Киев Александру Сергеевичу Давыдову. Давыдов довольно быстро ответил, что поскольку он не специалист по статистической механике, рукопись желательно послать на рецензию Дмитрию Николаевичу Зубареву. Зубарев, прочитав рукопись, ответил издательству, что поскольку предложенный в ней подход полностью игнорирует общепризнанный подход Лиувилля–Гиббса–Больцмана–Боголюбова, то в таком виде издавать рукопись вряд ли целесооб-

разно. Тогда рукопись была послана на рецензию в Институт теоретической физики им. Ландау (Черноголовка). Рецензия была разгромной. Вопрос об издании книги практически отпадал. Каким-то образом результаты рецензирования стали известны Николаю Николаевичу. Боголюбов на именном бланке написал: "Власов — классик науки: все, что написано Власовым, должно быть издано". Отослав свое заключение в "Науку", Николай Николаевич вызвал меня и сказал, что он просил послать рукопись на рецензию мне, и добавил: "Читайте внимательно, наверное там не все соответствует общепринятому, но ведь это — Власов. А как прочитаете, расскажите мне." Я читал рукопись три месяца. Замечаний было очень много (особенно по стилю изложения). Это была самая длинная рецензия в моей жизни. Время от времени я общался с Анатолием Александровичем, лекции которого я слушал, будучи студентом (надо сказать, они тоже были весьма нестандартными). Все мои замечания он принял, кроме одного. В основу своего подхода Власов положил введение единой функции распределения, зависящей от всех координат и их производных до любого порядка. То есть строился вариант нелокальной статистической механики. Власов с этим согласился, но названия менять не хотел".

Однако, как пишет далее В.К. Федянин, позже, перед сдачей книги в редакцию, А.А. Власов начал соглашаться с изменением ее названия и в 1978 году она вышла под названием "Нелокальная статистическая механика" с предисловием Н.Н. Боголюбова.

Приводим здесь это предисловие:

" Анатолий Александрович Власов внес весьма существенный вклад в современную теоретическую физику. Для научного творчества А.А. Власова всегда было характерно обращение к фундаментальным и актуальным проблемам, создание оригинальных методов их решения. Многие результаты работ А.А. Власова навсегда вошли в физику. Особо стоит отметить исследования А.А. Власо-

ва в области статистической механики, которые активно велись им долгие годы вплоть до последних лет его жизни.

Уравнение Власова является фундаментом теории плазмы; в работах А.А. Власова впервые возникла столь интенсивно используемая ныне концепция коллективных переменных. Нам представляется весьма существенным, что уравнение Власова имеет микроскопические решения, соответствующие точным решениям уравнений классической механики. Эти результаты А.А. Власова получили признание и широко используются не только в Советском Союзе, но и за рубежом.

Данная монография подытоживает долголетние исследования А.А. Власова по созданию весьма нетрадиционного подхода к описанию свойств системы многих тел. Излагается и сам метод, и ряд конкретных результатов его применения. Несмотря на то, что многое здесь представляется дискуссионным, мы полагаем, что вдумчивый читатель, несомненно, извлечет то ценное, что содержится в монографии А.А. Власова.

Стоит подчеркнуть, что работы А.А. Власова никогда не оседали мертвым грузом на библиотечных полках, приводили к оживленным дискуссиям, оказывали большое влияние на развитие статистической физики.

Мне представляется, что и данная монография послужит стимулом для дальнейших исследований.

Академик Н.Н. Боголюбов

БИБЛИОГРАФИЯ НАУЧНЫХ РАБОТ А.А. ВЛАСОВА

Власов А.А. \ Замечание к теории уширения спектральных линий//ЖЭТФ - 1934.- Т. 4. Вып. 1.- С. 24-30

Власов А.А. К квантовомеханической проблеме взаимодействия.- Дисс. на соискание уч. степени канд. физ.-матем. наук.- М.: Моск. ун-т.- 1934.- (В библиотеках отсутствует)

Власов А.А., Фурсов В.С. Теория ширины спектральных линий в однородном газе(ширина связи)//ЖЭТФ - 1936.- Т. 6.- Вып. 8.- С. 751-773

Фурсов В.С., Власов А.А. (в оригинале *Furssow W., Wlassow A.*)
Zur Theorie der Verbreiterung von Spectrallinien in gomogenem gas/
/ Phys. Zeit. Sov. Union - 1936.- Band 10.- Heft 3.- S. 378-412

Власов А.А. О вибрационных свойствах электронного газа/
/ЖЭТФ - 1938.- Т. 8.- Вып. 3.- С. 291-318

Власов А.А., Фурсов В.С. Ширина спектральных линий при больших плотностях однородного газа// ЖЭТФ - 1939.- Т. 9.- Вып. 7.- С. 783-788

Фурсов В.С., Власов А.А. (в оригинале *Fursov V., Vlassov A.*)
The breadth of spectral lines at large densities of a gomogeneous gas//
Journal of Physics (Moscow) - 1939.- V. 1.- N 4.- P. 335-340

Власов А.А. Обобщение концепции электронной плазмы//
Изв. АН СССР. Серия физическая - 1944.- Т. 8.- N 5.- С. 248-266

Власов А.А. On the kinetic theory of an assambly of particles with collective interrraction//Journ. of Phys.(Moscow)- 1945.- V. 9.- N 1.- P. 25- 40

Власов А.А. Теория вибрационных свойств электронного газа и ее приложения.- В изд. : Московский гос. ун-т. им. М.В. Ломоносова. Ученые записки. Вып. 75: физика.- 1945.Кн. 2. Ч. 1.- 196 с.

Власов А.А. К проблеме многих тел.- В изд. : Московский гос. ун-т. им. М.В. Ломоносова. Ученые записки. Вып. 75: физика.- 1945.Кн. 3.- С. 3-29

Власов А.А. К теории твердого тела.- В изд.: Московский гос. ун-т. им. М.В. Ломоносова. Ученые записки. Вып. 75: физика.- 1945.Кн. 3.- С. 30-42

Власов А.А. On the theory of the solid state//Journal of Physics (Moscow) - 1945.- V. 9.- N 2.- С. 130-138

Власов А.А. К обобщенной теории плазмы и твердого тела// Вестн. Моск. ун-та.- 1946.- N 3-4.- С. 63-96

Власов А.А. Новое содержание задачи многих частиц//ЖЭТФ - 1948.- Т. 18.- Вып. 9.- С. 840-856

Власов А.А. Теория многих частиц.- М.-Л.: Гос. изд. техн.-теорет. лит.- 1950.- 348 с.

Власов А.А., Базаров И.П. О теории страт//ЖЭТФ - 1950.- Т. 20.- Вып. 12.- С. 1098-1108

Власов А.А., Яковлев В.А. О теории кристаллического состояния//ЖЭТФ - 1950.- Т. 20.- Вып. 12.- С. 1109-1115

Власов А.А. О теории нелокализованных частиц(замечания по поводу статьи С.В. Тябликова)//ЖЭТФ - 1950.- Т. 20.- Вып. 1.- С. 23-25

Власов А.А. О переносе массы и заряда поверхностными волнами// ЖЭТФ - 1954.- Т. 27.- Вып. 2.- С. 224-242

Власов А.А. О переносе электрического заряда поверхностными волнами// Уч. записки МОПИ (Моск.обл.пед.инст.) Физика - 1955.- Т. 33.- Труды кафедр физики.- С. 171-192

Власов А.А. Макроскопическая электродинамика.- М.: Гостехиздат - 1955.- 228 с,

Власов А.А. О пространственно неоднородных распределениях системы гравитирующих частиц//Вестник Моск. ун-та. Сер. математика, механика, астрономия, физика, химия- 1957.- N 4.- С. 95-107

Власов А.А. О пространственно неоднородных распределениях систем гравитирующих частиц.- В сб.: "Труды шестого совещания по вопросам космогонии".- М.: изд-во АН СССР.- 1959.- С. 116-130

Власов А.А. Новый принцип существования высокотемпературных плазмOIDов //Scientia Sinica - 1959.- V. 8.- N 3. P. 266- 287

Власов А.А. Новый принцип существования высокотемпературных плазмOIDов//Acta Physica Sinica (Ули сюэбао) - 1959.- V. 15.- N 4.- P. 186-201

Власов А.А. Макроскопическая электродинамика.- Перевод на китайский язык.- Пекин: 1959.

Власов А.А. Теория многих частиц.- Перевод на китайский язык.- Пекин: 1959.

Власов А.А. Статистическая физика и термодинамика. Курс лекций. Вып. 1.- М.: Моск. гос. ун-т им. М.В.Ломоносова, физический факультет.- 1960.- 26 с.

Власов А.А. Статистическая физика и термодинамика. Курс лекций. Вып. 2. Переход к гидродинамике - М.: Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова, физический факультет.- 1960.- 20 с.

Власов А.А. Статистическая физика и термодинамика. Курс лекций. Вып. 1-5.- М.: Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова, физический факультет.- 1960.- 204 с.(роtaпpинт)(В библиотеках книги нет. Ссылка дана по источнику: "Библиография книг сотрудников физического факультета МГУ".- М.: 1972.- С. 52)

Власов А.А. Теория нового плазмоида//Журнал технической физики - 1961.- Т. 31. N 7- С. 785-796

Власов А.А. Many-particle theory and its application to plasma.- English translation.- New York: Gordon and Breach - 1961.

Власов А.А. О взаимоотношении статистической физики с механикой и термодинамикой.- В сб. "Всесоюзная научно-техническая конференция по термодинамике. Тезисы докладов на первой научно-методической конференции по термодинамике".- М.:Гос. научн.-техн.изд-во нефтяной и газо-топливной литературы.- 1962.- С. 39-41

Власов А.А. Статистическая физика и термодинамика. Курс лекций. Вып. 1-5.- М.: Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова, физический факультет.- 1962.- 204 с.(ротапринт)(В библиотеках книги нет. Ссылка дана по источнику: "Библиография книг сотрудников физического факультета МГУ".- М.: 1972.- С. 52)

Власов А.А., Хакимов Ф.Х. Теория стационарных свойств полностью ионизированной околосемной плазмы//ДАН СССР - 1963.- Т. 151.- N 4.- С. 818-821

Власов А.А. Статистические функции распределения.- М.: Наука.- 1966.- 356 с.

Власов А.А. Макроскопическая электродинамика.- Перевод на испанский язык.- Гавана: 1966.

Власов А.А. О вибрационных свойствах электронного газа//УФН - 1967.- Т. 93.- Вып. 3.- С. 444-470

Власов А.А. Нитевидные и пластические структуры в кристаллах и жидкостях//ТМФ - 1970.- Т. 5.- N 3.- С. 388-405

Власов А.А., Кураев В.Н. Теория каналирования и эффекта теней в трехмерной статистической модели кристалла//Вестник Моск. ун-та. Сер. 3. Физика, астрономия - 1972.- Т. 13.- N 3.- С. 328-336

Власов А.А., Кураев В.Н. Температурные распределения в пучке при наличии возбужденных структур//Вестник Моск. ун-та. Сер. 3. Физика, астрономия - 1972.- Т. 13.- N 4.- С. 431-437

Власов А.А., Кураев В.Н. Теория каналирования и эффекта теней на возбужденных состояниях кристалла//Вестник Моск. ун-та. Сер. 3. Физика, астрономия - 1972.- Т.13.- N 4.- С. 471-474

Власов А.А., Кураев В.Н. Единая теория ориентационных эффектов (каналирования).- В сб. "Взаимодействие атомных частиц с твердым телом".- М.- 9-11/10 - 1972 (в библиотеках сборника нет)

Власов А.А., Кураев В.Н. Единая теория ориентационных эффектов (эффекта теней и пятен Винера).- В сб. "Взаимодействие атомных частиц с твердым телом".- М.- 9-11/10 - 1972 (в библиотеках сборника нет)

Власов А.А., Волянский К.И. О теории звуковых волн в динамической и статистической моделях кристалла//Вестник Моск. ун-та. Сер. 3. Физика, астрономия - 1973.- Т. 14.- N 4.- С. 467-475

Власов А.А., Волянский К.И., Мозольков А.Е. Новый механизм распространения звука в кристаллах. В сб. "УИИ Всесоюзная акустическая конференция. Рефераты докладов".- М.: 1973.- Т. 2.- С. 194

Власов А.А., Волянский К.И., Трофимов В.Г. Существование акустического ветра в кристаллах. В сб."УИИ Всесоюзная акустическая конференция. Рефераты докладов".- М.: 1973.- Т. 2.- С. 23-24

Власов А.А. О взаимодействии ионов в холодной плазме через посредство промежуточной системы(нейтральный газ) и решения проблемы существования и устойчивости плазмонидов, удерживающихся собственными силами/ ДЕП в ВИНТИ.- М.:Моск.ун-т.- 1973

Власов А.А. Статистическая механика с нецелым (вероятным) числом частиц.- М.: (рукопись была сдана в в издательство "Наука" в 1974 г. Опубликовано под другим названием в 1978 г.)

Власов А.А., Кураев В.Н. Общность природы явления пятен Винера и блокировочного эффекта при прохождении частиц через монокристаллы//Вестник Моск. ун-та. Сер. 3: физика, астрономия- 1975.- Т. 16.- N 5.- С. 542-549

Власов А.А., Яковлев М.А. О теории страт//Вестник Моск. ун-та. Сер. 3: физика, астрономия - 1975.- Т. 16.- N 4.- С. 401-407

Власов А.А., Яковлев М.А. Взаимодействие между ионами через промежуточную среду (нейтральный газ) и проблема существования роя частиц, удерживающегося собственными силами//Вестн. Моск. ун-та. Сер. 3. Физика, астрономия - 1975.- Т. 16.- N 3.- С. 332-341

Власов А.А., Иноземцева Н.Г. Основные типы упругих волн, переносящих акустический спин в кристаллах//ДАН СССР - 1975.- Т. 225.- N 2.- С. 276-279

Власов А.А., Иноземцева Н.Г. О существовании четырех типов акустических волн в статистической модели кристалла//Вестн. Моск. ун-та. Сер.3: физика, астрономия- 1976.- Т. 17.- N 2. С. 151-159

Власов А.А. Нелокальная статистическая механика.- М.: Наука - 1978.- 1078.- 264 с.

Власов А.А. О теоретической физике.- В сб. "История и методология естественных наук. Физика".- М.: изд-во Моск. ун-та.- 1992 .- Вып. 37.- С. 250- 258

ОСНОВНЫЕ ДАТЫ ЖИЗНИ И ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

1908	20 августа родился Анатолий Александрович Власов
1927–1931	Учеба в Московском университете
1931–1934	Учеба в аспирантуре Московского университета (научный руководитель И.Е. Тамм)
1934	Защита кандидатской диссертации на тему "К квантовомеханической теории взаимодействия"
1935–1944	Старший научный сотрудник, доцент физического факультета
1938	Опубликована работа "О вибрационных свойствах электронного газа"
1939–1941	Учеба в докторантуре физического факультета МГУ
1941–1942	Эвакуация в Ашхабад
1942	Защита докторской диссертации
1944–1975	Профессор физического факультета МГУ

1944	Ломоносовская премия I степени за работу "Теория вибрационных свойств электронного газа и ее приложения"
1945–1953	Заведующий кафедрой теоретической физики
1950	Публикация монографии "Теория многих частиц"
1959	Публикация учебника "Макроскопическая электродинамика"
1958	Командировка в Китайскую Народную Республику для чтения лекций в Пекинском университете
1963	Командировка в Монгольский университет (г. Улан Батор) для чтения лекций
1966	Публикация монографии "Статистические функции распределения"
1970	Ленинская премия за цикл работ по теории плазмы, содержащих фундаментальный метод исследования ее свойств
1970–1973	Сделано открытие о закономерности понижения потенциала ионизации атомов в плотной слабоионизированной плазме
1975	22 декабря А.А. Власов скончался в Москве

ЛИТЕРАТУРА

1. Большая энциклопедия под редакцией *С.Н. Южакова и П.Н. Милокова*. Т. 2. С. 474-475. 1896
2. *Кавунов П.А.* Города Саратовской области. 2-е изд.- Саратов: 1963
3. Летопись Московского университета.- М.: изд-во Моск. ун-та.- 1979.- 535 с.
4. Архив МГУ. Фонд 1. Опись 35л. Ед. хр. 4556. 32-2
5. Большая советская энциклопедия (БСЭ). 2-е издание. Т. 8.- М.: изд-во "Советская энциклопедия".- С. 249
6. *Чолаков В.* Ученые и открытия.- М.: Мир - 1987.- 369 с.
7. *Храмов Ю.А.* Физики. Библиографический справочник.- М.: Наука.- 1983.- 400 с.
8. Большая советская энциклопедия (БСЭ). 3-е издание. Т. 5.- М.: изд-во "Советская энциклопедия".- С. 150
9. *Соколов А.А., Керимов Б.К.* Кафедра теоретической физики. В сб. "История и методология естественных наук. Вып. 6. Физика"- М.: изд-во Моск. ун-та- 1968.- С. 86 - 100
10. *Николаев П.Н.* История факультета: дела и люди//Московский университет - 1993.- N 4(3760).- С. 4
11. Архив МГУ. Фонд 1. Опись 35л. Ед. хр. 4556. Л. 13
12. Докторские и кандидатские диссертации, защищенные в МГУ с 1934 по 1954 г. Библиографический указатель. Вып. 1 - М.: изд-во Моск. ун-та,- 1956

13. Архив МГУ. Фонд 1. Опись 35л. Ед. хр. 4556. Л. 11
14. Власов А.А. О вибрационных свойствах электронного газа//ЖЭТФ - 1938.- Т. 8.- Вып. 3.- С. 291-318
15. *Власов А.А.* Теория вибрационных свойств электронного газа и ее приложения.- В изд. : Московский гос. ун-т. им. М.В. Ломоносова. Ученые записки. Вып. 75: физика.- 1945.Кн. 2. Ч. 1.- 196 с.
16. *Никольский В.С.* Физический факультет в Великой отечественной войне. В сб."История и методология естественных наук. Вып. 21. Физика"- М.: изд-во Моск. ун-та.- 1979.- С. 141-170
17. Московский университет в Великой отечественной войне. Изд. 2-е.- М.: изд-во Моск. ун-та.- 1985.- 336 с.
18. Архив МГУ. Фонд 1. Опись 35л. Ед. хр. 4556. Л. 15
19. Архив МГУ. Фонд 201. Оп. 1. Ед. 777
20. Архив П.Л. Капицы. Письмо В.А. Фока от 5 июня 1944 г.
21. Van Kampen N.S. Physica - 1955.- V. 21.- P. 949
22. *Власов А.А.* О теоретической физике. В сб. "История и методология естественных наук. Вып. 37. Физика".- М.: изд-во Моск. ун-та.- 1992.- С. 250-258
23. Архив МГУ. Фонд 1. Опись 35л. Ед. хр. 4556. Л 34
24. Архив МГУ. Фонд 1. Опись 35л. Ед. хр. 4556. Л 43
25. Архив МГУ. Фонд 1. Опись МГУ. Ед. хр. 168. Л 253
26. Архив МГУ. Фонд 1. Опись 35л. Ед. хр. 4556. Л 45
27. Архив МГУ. Фонд 1. Опись 35л. Ед. хр. 4556. Л 56
28. Архив МГУ. Фонд 1. Опись 35л. Ед. хр. 4556. Л 60
29. Архив МГУ. Фонд 1. Опись 35л. Ед. хр. 4556. Л 61
30. Архив МГУ. Фонд 1. Опись 35л. Ед. хр. 4556. Л 67
31. Архив МГУ. Фонд 1. Опись 35л. Ед. хр. 4556. Л 68
32. *Левшин Л.В.* Физический факультет МГУ. Библиографический справочник. - М.: физический факультет МГУ.- 1996.- 84 с.

33. *Landau L.* Phys.. Z. Sow. Union - 1936.- V.. 10.- P. 154
34. *Thomas L.* Proc. Roy. Soc.- 1928.- V. 121.- P. 464
35. *Druveystein M.* Physica - 1938.- P. 562
36. *Давыдов А.С.* Phys. Z. USSR - 1936.- V. 9.- 433
37. *Давыдов А.С.* Phys. Z. USSR - 1937.- V. 12.- 209
38. *Давыдов А.С.* ДАН СССР - 1934.- С. 213
39. *Rayleigh* Phil.Mag.- 1906.- V.XI - P.117
40. *Langmuir I., Tonks L.* Phys.Rev.- 1929.- V. 33.- P. 195
41. *Langmuir I.,* Proc. Nat. Acad - 1928.- V. 14.- P. 627
42. *Romp R., Steenbeck* - Erg. d. Exakten Naturw.- 1939.- B. XVIII
43. *Гвоздовер* Phys. Z. USSR - 1937.- V. 12. P. 164, 180
44. *Merrill I., Webb* Phys.Rev.- 1939.- V. 55.- P. 1191
45. *Langmuir I.* Cen. Elec. Rev.- 1924.- V. 27.- P. 449,538, 616,762,810
46. *Ditmer A.* Phys. Rev.- 1926.- V. 28.- P. 507
47. *Pennig F.* Physica - 1926.- V. 6.- P. 241
48. *Engel A., Steenbeck M.* Electr. Gasentladungen - 1934.- B. 2.- S. 113
49. *Ландау Л.* О колебаниях электронной плазмы.- ЖЭТФ - 1946.- Т. 26.- Вып. 7.- С. 547-586
50. *Лифшиц Е.М., Питаевский Л.П.* Физическая кинетики.- М.: "Наука",- 1979
51. *Власов А.А., Введенков А.А., Яковлев М.А., Алексеев В.А.* Закономерность понижения потенциала ионизации атомов в плотной слабоионизированной плазме. Открытие N 255 с приоритетом от 27.05.1970 и 10.10.1973
52. *Николай Николаевич Боголюбов.-* Сборник докладов на Международном совещании "Боголюбовские чтения". проводившемся в г. Дубне 19-22 августа 1993 г.- Объединенный институт ядерных исследований".- Дубна.- 1994

53. *Базаров И.П., Николаев П.Н.* Методологический семинар физического факультета МГУ.- В сб. "История и методология естественных наук".- Вып. 31: физика.- М.: изд-во Моск. ун-та - 1985.- С. 30-49

54. *Базаров И.П., Николаев П.Н.* Жизненный путь Анатолия Александровича Власова//Физическая мысль России - 1996.- N 3/4.- С. 63 - 73

55. *Философские вопросы современной физики.*- М.: изд-во АН СССР.- 1952

56. Центральный государственный архив Октябрьской революции. Фонд 9396. Оп. 1. Ед. хр. 266. Л. 1-18

57. *Гинзбург В., Ландау Л., Леонтович М.А., Фок В.* О несостоятельности работ А.А.Власова по обобщенной теории плазмы и теории твердого тела//ЖЭТФ- 1946

58. *Власов А.А.* К обобщенной теории плазмы и твердого тела//Вестн. Моск. ун-та - 1946.- N 3-4.- С. 63-96

59. *Подгорный И.* Страницы истории - кинетическое уравнение Власова// Знание - сила - 1994.- Сентябрь.- С. 10-12

60. *Кадомыцев Б.Б.* Коллективные явления в плазме.- М.: Наука.- 1988.- 300 с.

61. *Havas R.* Statistical Mechanics of Equilibrium and Non-equilibrium//J. Meixner. Amsterdam, 1965

62. *Currie D.G.*//J. Math. Phys. - 1963.- V. 4.- P. 1470

63. *Balescu R., Kotera T.*//Physica - 1967.- V. 33.- P. 558

64. *Сахаров А.* Воспоминания//Знамя - 1990.- N 10

65. *Левшин Л.В.* Сергей Иванович Вавилов.- М.: Наука - 1977

Именной указатель

А

Алексеев В.А. 37, 38, 45, 76

Б

Базаров И.П. 4, 67, 77
Блохинцев Д.И. 9
Боголюбов Н.Н. 13, 63, 64, 65,
76
Больцман Л. 10, 23, 26, 50, 57,
61, 63
Бор Н. 50
Борн М. 12

В

Вавилов С.В. 8
Вавилов С.И. 8, 12, 13, 46, 77
Ван Кампен 5, 12, 34, 36, 61
Введенцов А.А. 37, 38, 45, 76
Вебб 20, 22
Вейскопф В.Ф. 17
Винер О.Г. 70
Власов А.А. 5, 6, 8, 10, 11, 12,
13, 14, 15, 16, 19, 21, 22,
24, 26, 27, 28, 31, 34, 36,
37, 38, 39, 40, 41, 42, 44,
45, 46, 61, 62, 64, 65, 66,
67, 68, 69, 71, 73, 75, 76
Власов А.А. (мл.) 6
Власов А.Н. 7, 39
Власова А.А. 5, 7, 39
Власова А.В. 42
Власова В.А. 7, 39
Власова И.А. 7
Власова Л.Ф. 7
Власова М.Ф. 39

Волянский К.И. 70
Вуд П.У. 22

Г

Гвоздовер С.Д. 20
Герштейн С.С. 6, 61
Гессен Б.М. 9
Гиббс Дж.В. 50, 52, 56, 61, 63
Гильберт Д. 57
Гинзбург В. 77
Гинзбург В.Л. 12
Глотов И.И. 7
Гольтсмарк 16

Д

Давыдов А.С. 19, 20, 63, 76
Друвейштейн М. 19, 20

З

Зубарев Д.Н. 63

И

Иваненко Д.Д. 13, 40
Иноземцева Н.Г. 71

К

Кавунов П.А. 74
Кадомцев Б.Б. 5, 34, 36, 77
Казначеев Ю. 41
Капица П.Л. 75
Капцов Н.А. 7

Кафтанов С.В. 11
Керимов Б.К. 74
Коши А. 55, 56
Крылова А.П. 6
Кузьменков Л.С. 5
Кураев В.Н. 69
Кураев В.Н. 71

Л

Лагранж 50
Ландау Л.Д. 5, 12, 19, 20, 31,
34, 61, 64, 76, 77
Левшин Л.В. 6, 8, 12, 75, 77
Ленгмюр И. 20, 21, 22
Ленин В.И. 5, 11, 63, 73
Леонтович М.А. 12, 18, 77
Лиувиль 63
Лифшиц Е.М. 76
Логунов А.А. 6, 61
Ломоносов М.В.
11, 13, 67, 68, 73, 75
Лоренц Х.А. 25
Лудина М.Ф. 7

М

Максвелл Д.К. 23
Максвелл Д.К. 57
Мандельштам Л.И. 16
Марков М.А. 9
Маслов В.П. 61
Маслову В.П. 6
Меррилл И. 20
Милюков П.Н. 74
Мозольков А.Е. 70
Моисеева Г.В. 6
Моралев С.А. 7

Н

Николаев П.Н. 4, 74, 77
Никольский В.С. 75

П

Павлов 49
Петровский И.Г. 13
Питаевский Л.П. 76
Подгорный И. 77
Покровской М.Н. 9
Пуассон С.Д. 26, 35

Р

Ромпе Р. 20
Рэлей Д.У. 20, 21

С

Садовников Б.И. 6
Самарский А.А. 40
Сах М. 37
Сахаров А. 77
Сахаров, А. 15
Сахаров А.Д. 13
Скибарко А.П. 41
Соколов А.А. 13, 40, 74
Солнцеву Г.С. 6
Стрелков С.П. 41
Стрелкова Л.П. 6

Т

Тамм И.Е. 15
Тамм И.Е. 9, 11, 16, 18, 72
Тимирязев А.К. 40
Тихонов А.Н. 40
Томас Л. 19
Тонкс Л. 20
Трофимов В.Г. 70
Тябликов С.В. 67

У

Усагин С.И. 42
Усагина К.С. 42

Ф

Федянин В.К. 64
Фок В.А. 12, 75, 77
Френкель Я.И. 17
Фурсов В.С. 9, 10, 11, 16, 41, 66
Фурсов, В.С. 18

Х

Хакимов Ф.Х. 69
Храмов Ю.А. 74

Ч

Чебышев 59
Чолаков В. 74

Ш

Штейнбек 20

Содержание

ПРЕДИСЛОВИЕ	5
ЖИЗНЕННЫЙ ПУТЬ АНАТОЛИЯ АЛЕКСАНДРОВИЧА ВЛАСОВА	7
ПЕРВЫЕ РАБОТЫ А.А. ВЛАСОВА	16
ТЕОРИЯ ВИБРАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ЭЛЕКТРОННОГО ГАЗА И ЕЕ ПРИЛОЖЕНИЯ	19
Система кинетических уравнений Власова	22
Кинетическое уравнение Власова	24
Линеаризованное кинетическое уравнение Власова	26
КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ В ЭЛЕКТРОННОЙ ПЛАЗМЕ	27
Дисперсионное уравнение Власова	27
Затухание Ландау	31
Волны Ван Кампена	34
ОТКРЫТИЕ НОВОЙ ЗАКОНОМЕРНОСТИ В СЛАБОИОНИЗИРОВАННОЙ ПЛАЗМЕ	37
О ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКЕ	46
О некоторых путях развития теоретической физики	53
НО ВЕДЬ ЭТО — ВЛАСОВ!	61

БИБЛИОГРАФИЯ НАУЧНЫХ РАБОТ	
А.А. ВЛАСОВА	66
ОСНОВНЫЕ ДАТЫ ЖИЗНИ	
И ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	72
ЛИТЕРАТУРА	74
ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ	78

Для заметок

Научно-популярное издание

И.П. Базаров, П.Н. Николаев

Анатолий Александрович Власов

Лицензия ЛР № 021293 от 18.06.98.
Подписано в печать .99. Объем 5,25 п. л.
Тираж экз. Заказ №

Физический факультет МГУ. (Тел. 939 54 94),
Москва, 119899, Воробьевы горы, МГУ им. М.В. Ломоносова

Отпечатано в отделе оперативной печати физического факультета МГУ.