



ПЕТР ЛЕОНИДОВИЧ
КАПИЦА

PERSONALIA

92 : 53

ПЕТР ЛЕОНИДОВИЧ КАПИЦА

(К семидесятилетию со дня рождения)

Выдающийся советский физик Петр Леонидович Капица родился 26 июня (по старому стилю) 1894 г. в Кронштадте. Высшее образование он получил в Петроградском политехническом институте, электромеханический факультет которого окончил в 1918 г. Уже в студенческие годы он обратил на себя внимание А. Ф. Иоффе, который и привлек его к научной работе, а по окончании Политехнического института оставил при своей кафедре. В то время многие молодые научные работники направлялись советским правительством в научные командировки за границу. В 1921 г. П. Л. Капица был послан в научную командировку в Англию, где он работал в Кавендишской лаборатории Кембриджского университета у Э. Резерфорда.

С 1928 г. П. Л. Капица является доктором физико-математических наук; в 1929 г. был избран членом-корреспондентом, а в 1939 г. — действительным членом Академии наук СССР.

Еще в начале своей научной деятельности П. Л. Капица совместно с Н. Н. Семеновым предложил метод определения магнитного момента атома, в котором использовалось взаимодействие атомного пучка с неоднородным магнитным полем. В 1922 г. им и Н. Н. Семеновым в Журнале Русского физико-химического общества была опубликована статья «О возможности экспериментального определения магнитного момента атома», в которой был изложен проект соответствующего эксперимента. Как известно, этот метод был впоследствии осуществлен Штерном и Герлахом. У Резерфорда Петр Леонидович начал заниматься исследованием свойств α -частиц, в частности определением их импульса. Для этой цели он предложил метод, в котором α -частицы, пролетающие через камеру Вильсона, должны были отклоняться в магнитном поле. Однако для отклонения α -частиц, имеющих большую массу, необходимы были напряженности магнитного поля, которые не могли быть получены с помощью электромагнитов, являвшихся в то время единственным источником сильных магнитных полей. Для получения дужных ему магнитных полей Петр Леонидович создает совершенно новый метод, в котором поле получается при помощи безжелезного соленоида, имеющего сравнительно малое число витков, через который в течение сотой секунды пропускаются токи, достигающие 10 000 ампер. Используя в качестве источника тока специально построенный им аккумулятор малой емкости, он получает поле около 100 000 эрстед в объеме $\sim 2 \text{ см}^3$. Затем он заменяет аккумулятор, питающий соленоид, специальным моторогенератором. В этой установке энергия, необходимая для создания магнитного поля, накапливалась в виде кинетической энергии ротора генератора, который после выключения мотора замыкался на соленоид. Этим методом П. Л. Капице удалось получить поля до 500 000 эрстед, почти на порядок превысив значение поля, получавшееся самыми большими электромагнитами.

Исследования по созданию импульсных магнитных полей были им опубликованы в 1924 г. в Proc. Roy. Soc. В этой работе П. Л. Капица подробно анализирует различные способы создания импульсных магнитных полей, рассматривая также возможность применения в качестве источников питания соленоида специальных трансформаторов и высоковольтных конденсаторных батарей большой емкости. Следует заметить, что благодаря повышению качества конденсаторов последний способ, как известно, нашел широкое применение в настоящее время — импульсные установки такого типа часто используются при различных физических исследованиях.

Занимаясь разработкой нового метода получения магнитных полей, П. Л. Капица вначале предполагал использовать его для исследований в области ядерной физики, однако возможности созданного им метода оказались существенно шире, а сам метод импульсных сверхсильных полей оказался весьма важным для изучения свойств твердых тел и, в частности, металлов. Это побудило П. Л. Капицу провести широкие

исследования свойств твердых тел в импульсных магнитных полях. В серии фундаментальных работ им были исследованы зависимости изменения сопротивления от магнитного поля большинства металлов и некоторых полупроводников. При этом были созданы новые автоматические методы измерений сопротивления, пригодные для работы в импульсных магнитных полях. В результате проведенных исследований им было установлено, что у большинства металлов сопротивление возрастает линейно с магнитным полем. Это явление получило впоследствии название «линейного закона Капицы».

Линейное возрастание сопротивления оставалось в течение долгого времени одним из наиболее непонятных свойств металлов и еще в 1957 г. рассматривалось как указание на отсутствие согласия теории и эксперимента. Особенно непонятным было линейное возрастание сопротивления у одновалентных металлов Cu, Ag, Au, у которых зависимость сопротивления от магнитного поля должна была иметь вид кривой с насыщением. Лишь в последнее время было найдено объяснение линейного закона Капицы. Оказалось, что линейный закон является следствием глубокого своеобразия динамики электронов проводимости в металлах. Такая динамика в ряде случаев приводит к квадратичному росту сопротивления при одних направлениях поля относительно осей кристалла и насыщению при других направлениях, причем усреднение, даже по небольшому интервалу углов, может привести к линейному изменению сопротивления с полем.

При помощи созданной им методики сверхсильных импульсных полей Петр Леонидович изучает также магнитные свойства металлов; в частности, им подробно изучается восприимчивость и магнитострикция диа- и парамагнетиков. Следует заметить, что эти работы являются первыми работами по исследованию стрикции ферромагнитных металлов.

Одновременно с интенсивной экспериментальной работой Петр Леонидович теоретически обсуждает такие вопросы, как отражение электронов от стоячих волн света, и в 1933 г. совместно с Дираком публикует статью на эту тему.

Успешная научная деятельность П. Л. Капицы в Англии была высоко оценена английскими учеными, в частности таким крупным физиком, как Резерфорд. С 1924 г. по 1932 г. он является помощником директора Кавендишской лаборатории в Кембриджском университете, директором которой в то время был Резерфорд. В 1929 г. он избирается членом Королевского Общества, а с 1930 г. по 1934 г. он является директором лаборатории имени Монда при Королевском Обществе в Кембриджском университете.

Вернувшись в 1935 г. в Советский Союз, П. Л. Капица организует в Москве Институт физических проблем, директором которого он является и в настоящее время. Он продолжает исследование в области сверхсильных полей. В работе, выполненной совместно с П. Г. Стрелковым и Э. Лаурманом, он изучает явление Зеемана и Пашена — Бака в полях до 320 килоэрстед.

Поскольку степень воздействия магнитного поля на металлы определяется отношением магнитной энергии к тепловой, то для более эффективного исследования изменения сопротивления металлов с магнитным полем Петр Леонидович должен был проводить измерения при низких температурах, получаемых с помощью жидкого водорода и жидкого гелия. Методами ожижения гелия и водорода П. Л. Капица начал заниматься еще во время своего пребывания в Англии; он создает новый тип ожижителей водорода, позволяющий ожижать технический водород без предварительной очистки. Петр Леонидович подробно рассматривает возможность применения поршневого детандера и турбодетандера для ожижения гелия. Это позволяет ему коренным образом изменить существовавшие в то время способы и создать совершенно новый тип гелиевых ожижителей. В результате этих работ производительность гелиевых ожижительных установок существенно возросла, а техника работы с гелием значительно упростилась. Возникли новые возможности для эксперимента в области температур жидкого гелия. П. Л. Капица не только создает новый цикл ожижения с использованием поршневого детандера, но и решает весьма сложную экспериментальную задачу, построив ожижитель с поршневым детандером, работающим при температуре 10° К. При этих температурах смазка трущихся частей не может быть осуществлена обычным методом, поэтому П. Л. Капица впервые вводит так называемую «газовую смазку», оставив небольшой кольцевой зазор между поршнем и цилиндром. Необходимо отметить, что созданные П. Л. Капицей гелиевые детандерные ожижители являются прототипом всех современных ожижителей, а построенные им в последнее время двухдетандерные установки позволяют получать десятки литров жидкого гелия в час.

Занявшись техникой ожижения гелия и водорода, П. Л. Капица приходит к заключению, что ожижители воздуха (необходимого для предварительного охлаждения как при ожижении водорода, так и при ожижении гелия) являются далеко не совершенными. Он создает новый тип ожижителей, работающих на низком давлении, у которых вместо поршневого детандера был применен турбодетандер. При создании этих ожижителей Петр Леонидович решил ряд сложных физико-технических задач, к числу которых надо прежде всего отнести исследование работы высокооборотных

турбодетандеров. Разработанный П. Л. Капицей турбодетандер имел высокий коэффициент полезного действия. Такие турбодетандеры обеспечили возможность создания ожигительных установок низкого давления, в которых вместо поршневых компрессоров применялись компактные турбокомпрессоры, имеющие также высокий коэффициент полезного действия. Особенно большое значение имеет использование этих детандеров в установках, производящих технологический газообразный кислород в большом количестве. Турбодетандер Капицы заставил пересмотреть принципы создания холодильных циклов, используемых для ожигения и разделения газов, что существенным образом изменило развитие мировой техники получения больших количеств кислорода.

Одним из наиболее крупных научных открытий П. Л. Капицы является открытие сверхтекучести жидкого гелия. Заинтересовавшись удивительными свойствами жидкого гелия, Петр Леонидович приходит к заключению, что обнаруженная в Лейдене так называемая «сверхтеплопроводность» жидкого гелия, возникающая при $T = 2,19^\circ \text{K}$, в действительности является сверхтекучестью, т. е. исчезновением вязкости. В цикле исключительно изящных экспериментов Петр Леонидович показывает, что вязкость гелия при температуре ниже критической действительно становится исчезающе малой. Он подробно исследует свойства жидкого гелия в этом новом, им открытом состоянии. В частности, Петр Леонидович весьма убедительно показывает, что в области температур ниже $2,19^\circ \text{K}$ жидкий гелий состоит из двух компонент — сверхтекучей и нормальной, причем сверхтекучая компонента имеет нулевую энтропию, т. е. в известном смысле представляет собой жидкость, находящуюся при абсолютном нуле. Эти работы П. Л. Капицы стимулировали создание квантовой теории жидкого гелия, которая была развита в работах Л. Д. Ландау, и породили целую серию новых экспериментов, среди которых прежде всего надо отметить открытие учеником П. Л. Капицы В. П. Пешковым «второго звука».

Изучая свойства жидкого гелия в сверхтекучем состоянии, Петр Леонидович обнаружил, что на границе твердого тела и гелия существует конечный скачок температуры; это явление, получившее в литературе название «скачка Капицы», лишь относительно недавно нашло объяснение в работах Халатникова и по сей день привлекает внимание зарубежных и отечественных экспериментаторов.

Работы Петра Леонидовича по изучению свойств сверхтекучего гелия были прерваны войной. Во время войны П. Л. Капица находился в Казани, куда был также переведен и возглавляемый им Институт физических проблем. В этот период он руководит целым рядом работ, имевших важное значение для обороны страны, и сам принимает в них активное участие. Одновременно он является начальником Главкислорода и председателем Ученого совета при нем.

После войны, в конце 40-х годов, внимание П. Л. Капицы привлекла совершенно иная область — электроника больших мощностей. В отчете, написанном в 1952 г. и напечатанном (в несколько переработанном виде) отдельной книгой в 1962 г. (а также в виде статьи в Успехах физических наук), изложена как общая теория электронных приборов магнетронного типа, так и первые экспериментальные результаты, полученные с магнетронным генератором непрерывного действия — планотроном, предложенным Петром Леонидовичем. В этой работе Петр Леонидович выступает как теоретик, с помощью удачного математического приема (метода усреднения во времени) преодолевший трудности, связанные со сложным характером движения электронов в сверхвысокочастотных генераторах магнетронного типа, и рассчитавший основные характеристики таких генераторов. Следует отметить, что параллельно с общим теоретическим исследованием Петр Леонидович проводил эксперименты с планотроном, позволявшие не только проверять выводы теории, но и вести ее развитие в правильном направлении.

В своей книге П. Л. Капица обсуждает проблемы электроники больших мощностей, не ограничиваясь электронными приборами и способами их применения, существующими в данный момент, но анализируя заложенные в этих приборах физические возможности и те технические задачи, которые эти приборы способны решить.

«Электроника больших мощностей» П. Л. Капицы явилась первой книгой из серии сборников работ, выполненных в его лаборатории и выпускаемых при его участии и под его редакцией. В третьем сборнике, вышедшем в июне 1964 г., помещена статья П. Л. Капицы, С. И. Филимонова и С. П. Капицы «Теория электронных процессов в магнетронном генераторе непрерывной мощности», являющаяся как бы завершением первой большой работы 1952 г. по электронике. В статье дан теоретический анализ трудностей, возникающих при построении мощных непрерывных генераторов магнетронного типа, и показано, что эти трудности можно преодолеть в приборе, названном двухрядным ниготроном. В этом приборе анод и катод имеют периодическую структуру (два ряда цепей — в аноде и катоде) и вставлены в цилиндрический резонатор; при работе ниготрона в цилиндрическом резонаторе возбуждается колебание H_{010} , причем поле в щелях колеблется синфазно (0-колебание, в отличие от π -колебания в магнетронах).

Кроме работ по электронике, Петр Леонидович, занимается и рядом смежных вопросов. Так, например, в 1954—1955 гг., заинтересовавшись природой шаровой

молнии, Петр Леонидович создает гипотезу ее возникновения. Как известно, наиболее трудно объяснимыми особенностями шаровой молнии являются ее большое время жизни и большая величина запасенной в ней энергии. Предположив, что источником энергии, питающей шаровую молнию, являются электромагнитные колебания сантиметровой диапозона, возникающие при обычном грозовом разряде, Петр Леонидович рассмотрел вопрос о возникновении стоячих волн при отражении от поверхности Земли. Пучности таких стоячих волн могли бы являться источниками возникновения шаровой молнии. Несмотря на ряд вопросов, остающихся еще не вполне ясными, эта работа П. Л. Капицы привлекает внимание физиков как у нас в СССР, так и за рубежом, так как является, по-видимому, одной из немногих логически стройных гипотез возникновения этого непонятного явления природы.

Недостаток места не дает возможности остановиться на таких интересных работах Петра Леонидовича, как волновое течение тонких слоев вязкой жидкости, движение маятника с вибрирующим подвесом, теплопроводность и диффузия в жидкой среде, гидродинамическая теория смазки при качении и ряде других работ.

Заканчивая краткий обзор научных работ П. Л. Капицы, следует также отметить его большое влияние на развитие методов экспериментальной физики. Он является автором целого ряда весьма остроумных экспериментальных методик и способов измерения различных физических величин. К таким работам можно отнести, например, методы измерения восприимчивости в импульсных магнитных полях, методы выращивания монокристаллов, в частности висмута, создание самопишущего фотоэлектрического пантографа, позволяющего в несколько раз увеличивать осциллограммы практически без увеличения ширины линии, металлические контейнеры для хранения жидкого гелия, прибор для определения содержания кислорода в газах — оксиметр, метод балансировки роторов турбодетандеров, прибор для определения интенсивности коротковолнового излучения и многое другое.

Характерной особенностью Петра Леонидовича Капицы является то, что, начиная заниматься какой-нибудь новой для него областью физики или техники, он обычно столь сильно ее изменяет, что практически создает совершенно новое направление ее развития. Так было, когда после работ в области ядерной физики П. Л. Капица занялся вопросами физики твердого тела, проведя исследования в сверхсильных импульсных полях; так было, когда, заинтересовавшись техникой ожигения, он создал не только новый цикл ожигения гелия, но и целую серию ожигителей кислорода, водорода и гелия; так было, когда он, заинтересовавшись свойствами жидкого гелия, открыл сверхтекучесть и подробно изучил свойства сверхтекучего гелия; по-видимому, аналогичная ситуация имеет место и сейчас, когда он, занявшись методами генерации коротких радиоволн, заложил основы нового направления, нашел новые пути в этой интересной области.

Кроме весьма интенсивной научной деятельности, П. Л. Капица ведет большую педагогическую работу, которую он начал еще в 1919 г. в качестве преподавателя физики и механики Ленинградского политехнического института. Находясь в Англии, он не оставляет своей педагогической деятельности, и в период с 1930 г. по 1934 г. является профессором исследовательской кафедры имени Марселя при Лондонском Королевском Обществе. В 1939 г. он организовал кафедру физики низких температур при Московском государственном университете. При этой кафедре им был создан студенческий практикум; в нем студенты МГУ имели возможность проводить эксперименты при низких температурах. Следует отметить, что это был первый в мире студенческий практикум, в котором проводились работы с жидким гелием. Петр Леонидович является одним из инициаторов создания специального физико-технического факультета при Московском университете. Этот факультет открылся в 1946 г. и вскоре был преобразован в Московский физико-технический институт (МФТИ). В этом институте Петр Леонидович с 1946 г. по 1949 г. заведует кафедрой общей и экспериментальной физики и читает лекции по общей физике. В настоящее время он является заведующим кафедрой физики низких температур МФТИ и председателем координационного совета этого института. П. Л. Капица имеет много учеников, среди которых немало зарубежных физиков.

В Институте физических проблем с первых дней его организации работает руководимый П. Л. Капицей научный семинар, который пользуется известностью не только в Москве, но и за ее пределами. На этом семинаре выступают с докладами и известные советские физики и научная молодежь. Этот семинар возник как логическое продолжение научного семинара, созданного Петром Леонидовичем еще во время его пребывания в Англии, в котором принимали участие такие крупные физики, как Бор, Дирак, Эренфест, Кокрофт и другие. Журналы этих семинаров до сих пор хранятся у Петра Леонидовича и являются своеобразной летописью развития физики.

Свою научную работу П. Л. Капица постоянно сочетает с общественной деятельностью. С 1955 г. по 1962 г. он был председателем организованного по его инициативе научного совета проблемы «Физика низких температур». В течение ряда лет он является членом Президиума АН СССР и главным редактором Журнала экспериментальной и теоретической физики. Он — член советского Национального комитета Па-

гуошского движения ученых за мир и разоружение. Многократно Петр Леонидович выступал в печати со статьями на научные и общественные темы.

Заслуги П. Л. Капицы высоко оценены правительством: он награжден орденом Красного Знамени, тремя орденами Ленина и удостоен звания Героя Социалистического Труда. У нас в стране его работы дважды были отмечены государственной премией.

П. Л. Капица является членом около двадцати академий и научных обществ мира, в том числе Королевского Общества Великобритании, Национальной академии США, Индийской академии наук, Академии наук Дании и др. Работы его имеют мировую известность и неоднократно были отмечены почетными премиями различных стран.

Ко дню своего семидесятилетия Петр Леонидович приходит полный сил и творческих замыслов. Его энергии могут позавидовать многие молодые научные работники. Только исключительным умением распределять свое время можно объяснить, как при всей его занятости научно-организационными и общественными делами он находит возможность ежедневно работать в своей лаборатории. Хочется от души пожелать Петру Леонидовичу дальнейших больших успехов на всех направлениях его многогранной деятельности.

Н. Е. Алексеевский

СПИСОК ТРУДОВ П. Л. КАПИЦЫ

1916

1. Приготовление волластоновских нитей. ЖРФХО, 2-й отдел, сер. физ. 48 (96), 324 (1916).
2. Инерция электронов в амперовых молекулярных токах. ЖРФХО, 2-я часть, сер. физ., вып. 10, 297 (1916).

1919

3. Метод отражения кристаллов. Вестн. рентг. и радиолог. 1 (1), 33 (1919).
4. Регистрирующий микрофотометр Коха. Вестн. рентг. и радиолог. 1, 54 (1919).

1921

5. Зависимость границы лучеиспускания в сплошном рентгеновском спектре от азимута испускания и влияние металла антикатода. УФН 2 (2), 322 (1921).

1922

6. On the possibility of an experimental determination of the magnetic moment of an atom. ЖРФХО 50 (4/6), 159 (1922) (совместно с Н. Н. Семеновым).
7. The loss of energy of an α Ray beam in its passage through matter. Part 1. Passage through air and CO₂. Proc. Roy. Soc. A102, 48 (1922).
8. Note on the curved tracks of β particles. Proc. Camb. Phil. Soc. 21 (3), 129 (1922).

1923

9. On the theory of δ radiation. Phil. Mag. 45, 989 (1923).
10. Some observations on α particle tracks in a magnetic field. Proc. Camb. Soc. 21 (5), 511 (1923).

1924

11. A method of producing strong magnetic fields. Proc. Roy. Soc. A105, 691 (1924).
12. α Ray tracks in a strong magnetic field. Proc. Roy. Soc. A106, 602 (1924).
13. The Zeeman effect in strong magnetic fields. Nature 114 (No. 2860), 273 (1924).

1925

14. The Zeeman effect in strong magnetic fields. Proc. Roy. Soc. A109, 224 (1925).

1926

15. Over-tension in a condenser battery during a sudden discharge. Proc. Camb. Phil. Soc. 23 (2), 144 (1926).

1927

16. Further developments of the method of obtaining strong magnetic fields. Proc. Roy. Soc. A115, 658 (1927).

1928

17. The study of the specific resistance of bismuth crystals and its change in strong magnetic fields and some allied problems. Parts 1—3. Proc. Roy. Soc. **A119**, 358 (1928).

1929

18. The change of electrical conductivity in strong magnetic fields. Part 1. Experimental results. Part 2. The analysis and the interpretation of the experimental results. Proc. Roy. Soc. **A123**, 292 (1929).
19. Magnetostriction and the phenomena of the Curie point. Proc. Roy. Soc. **A124**, 1 (1929) (совместно с R. H. Fowler).
20. Die metallische Leitfähigkeit und ihre Veränderung im magnetischen Feld. Metallwirtschaft, H-19, 443 (1929).
21. A property of superconducting metals (Discussion). Nature **123** (No. 3110), 870 (1929).
22. Magnetostriction of diamagnetic substances in strong magnetic fields. Nature **124** (No. 3115), 53 (1929).

1930

23. The change of resistance of gold crystals at very low temperatures in a magnetic field and superconductivity. (Critical remarks regarding the recent work of Meissner and Scheffers). Proc. Roy. Soc. **A126**, 683 (1930).
24. Die Veränderung des Widerstandes von Goldkristallen in einem Magnetfeld bei sehr tiefen Temperaturen und die Supraleitfähigkeit. (Kritische Bemerkungen zu den neuesten Arbeiten von Meissner und Scheffers). Phys. Zs. **31** (15) (1930).
25. Methods of experimenting in strong magnetic fields. Proc. Phys. Soc. **42** (5), No. 235, 425 (1930).

1931

26. Экспериментальные исследования в сильных магнитных полях. УФН **11**(4), 533 (1931).
27. The study of the magnetic properties of matter in strong magnetic fields. Part 1. The balance and its properties. Part 2. The measurement of magnetization. Proc. Roy. Soc. **A131**, 224 (1931).
28. A method of measuring magnetic susceptibilities. Proc. Roy. Soc. **A132**, 442 (1931) (совместно с W. L. Webster).
29. The production of and experiments in strong magnetic fields. Trans. Oxf. Univ. Jr. Sci. Cl., 5 ser., No. 4, 129 (1931).
30. Erwiderung auf einige Bemerkungen von O. Stierstadt über einen prinzipiellen Fehler bei meinen Messungen über die Widerstandsänderung in starken Magnetfeldern. Zs. Phys. **69** (5/6), 421 (1931).

1932

31. The study of the magnetic properties of matter in strong magnetic fields. Part 3. Magnetostriction. Part 4. The method of measuring magnetostriction in strong magnetic fields. Part 5. Experiments on magnetostriction in dia- and paramagnetic substances. Proc. Roy. Soc. **A135**, 538 (1932).
32. Hydrogen liquefaction plant at the Royal Society Mond laboratory. Nature **129** (No. 3250), 224 (1932).

1933

33. The change of resistance of metals in magnetic fields. Leipziger Vorträge, 1933, стр. 1—9.
34. The reflection of electrons from standing light waves. Proc. Camb. Phil. Soc. **29** (2), 297 (1963) (совместно с P. A. M. Dirac).

1934

35. The Liquefaction of helium by an adiabatic method without precooling with liquid hydrogen. Nature **133** (No. 3367), 708 (1934).

1936

36. The Liquefaction of helium by an adiabatic method. Proc. Roy. Soc. **A147**, 189 (1934).
37. Адиабатический метод ожижения гелия. УФН **16** (2), 145 (1936).

1937

38. О строительстве и развертывании работы Института физических проблем Академии наук СССР. Изв. АН СССР, сер. физ., № 3, 265 (1937). The construction and work of the Institute of Physical Problems of the USSR. Academy of Sciences. Там же, стр. 278.

1938

39. Воспоминания о проф. Э. Резерфорде. УФН 19 (1), 1 (1938).
40. Явление Зеемана и Пашена — Бака в сильных магнитных полях. ЖЭТФ 8 (3), 276 (1938).
41. Вязкость жидкого гелия при температурах ниже лямбда-точки. ДАН СССР, сер. физ. 18 (1), 21 (1938).
42. The Zeeman and Paschen—Back effects in strong magnetic fields. Proc. Roy. Soc. A167 (928), 1 (1938) (совместно с П. Г. Стрелковым и Э. Лаурманом).
43. Viscosity of liquid helium below the λ -point. Nature 141 (No. 3558), 74 (1938).

1939

44. Проблемы жидкого воздуха. План. хоз. № 2, 73 (1939).
45. Турбодетандер для получения низких температур и его применение для ожижения воздуха. ЖТФ 9 (2), 99 (1939); J. of Physics 1, 7 (1939).
46. Устойчивость и переход через критические обороты быстро вращающихся роторов при наличии трения. ЖТФ 9 (2), 124 (1939); J. of Physics 1, 29 (1939).

1941

47. Проблемы жидкого гелия. Советская наука, № 1, 33 (1941).
48. Исследование механизма теплопередачи в гелии II. ЖЭТФ 11 (1), 1 (1941); J. of Physics 4, 181 (1941).
49. Теплоперенос и сверхтекучесть гелия II. ЖЭТФ 11 (6), 581 (1941). J. of Physics 5, 59 (1941).
50. Heat transfer and superfluidity of helium II, Phys. Rev. 60, 354 (1941).

1943

51. Доклад об организации научной работы Института физических проблем Академии наук СССР. Вестн. АН СССР, № 6 (1943).

1944

52. Проблемы интенсификации технологических процессов кислородом. Кислород, № 1, 1 (1944).
53. О статье проф. С. Я. Герша «Низкие и высокие давления в системах глубокого охлаждения». Вестн. машиностроения, № 7—8, 43 (1944).
54. О сверхтекучести жидкого гелия II. УФН 46 (2), 133 (1944).

1947

55. Теоретические и эмпирические выражения для теплопередачи в двумерном турбулентном потоке. ДАН СССР 55 (7), 595 (1947).

1948

56. Волновое течение тонких слоев вязкой жидкости. I. Свободное течение. ЖЭТФ 18 (1), 3 (1948).
57. Волновое течение тонких слоев вязкой жидкости. II. Течение в соприкосновении с потоком газа и теплопередачи. ЖЭТФ 18 (1), 19 (1948).

1949

58. Волновое течение тонких слоев вязкой жидкости. III. Опытное изучение волнового режима течения. ЖЭТФ 19 (2), 105 (1949) (совместно с С. П. Капицей).
59. К вопросу об образовании ветром морских волн. ДАН СССР, 64 (4), 513 (1949).

1951

60. Динамическая устойчивость маятника при колеблющейся точке подвеса. ЖЭТФ 21 (5), 588 (1951).

61. Маятник с вибрирующим подвесом. УФН **64** (1), 7 (1951).
62. Вычисление сумм отрицательных четных степеней корней бесселевых функций. ДАН СССР **77** (4), 561 (1951).
63. Теплопроводность и диффузия в жидкой среде при периодическом течении. 1. Определение величины коэффициента волнового переноса в трубе, в щели и в канале. ЖЭТФ **21** (9), 964 (1951).

1955

64. Гидродинамическая теория смазки при качении. ЖТФ **25** (4), 747 (1955).
65. О природе шаровой молнии. ДАН СССР, **101** (2), 245 (1955).

1959

66. Расчет гелиевого ожижительного цикла с каскадным включением детандеров. ЖТФ **29** (4), 427 (1959).
67. Симметрические электрические колебания идеально проводящего полого цилиндра конечной длины. ЖТФ **29** (10), 1188 (1959) (совместно с В. А. Фоком и Л. А. Вайнштейном).
68. Статистические граничные задачи для полого цилиндра конечной длины. ЖТФ **29** (10), 1177 (1959) (совместно с В. А. Фоком и Л. А. Вайнштейном).

1961

69. Детандерная установка для ожижения гелия. ЖТФ **31** (4), 486 (1961) (совместно с И. Б. Даниловым).

1962

70. Детандерный ожижитель гелия каскадного типа без посторонних хладагентов. ЖТФ **32** (4), 457 (1962) (совместно с И. Б. Даниловым).
 71. Электроника больших мощностей. В сб.: Электроника больших мощностей, М., Изд-во АН СССР, 1962.
 72. Собственные колебания объемных резонаторов. В сб.: Электроника больших мощностей, М., Изд-во АН СССР, 1962.
-