

РОССИЙСКОЕ ФИЗИЧЕСКОЕ СООБЩЕСТВО И ПЕРВАЯ МИРОВАЯ ВОЙНА

Введение

Ученые и война. Как часто перед ними возникают вопросы жизненной важности: Что нужно сделать для победы? Что можно сделать для науки?

Интересно представить, в каком соотношении находились ответы на эти вопросы. Не менее интересно сравнить отношения ученого сообщества к войне в воюющих государствах. Была ли это безоговорочная поддержка государства учеными или всего лишь сетования на трудности? Предпринимались ли попытки преодоления разрыва научных связей и нарушения привычного образа существования? Насколько велико было стремление решить конкретную задачу в конкретном месте и сделать так, чтобы это решение было использовано и способствовало победе?

Такие вопросы, зафиксированные в воспоминаниях и исторических исследованиях уже на протяжении 100 лет, стали ключевыми для мирового ученого сообщества в целом, как и для физиков стран-участниц Первой мировой войны.

Основной целью данной работы является представление масштабов научной и общественной деятельности, выпавшей на долю физиков в России.

Фундаментальная физика: теория относительности, атомная физика, квантовая механика, физика твердого тела, радиофизика

А.Эйнштейн в Германии продолжал создавать свою теорию относительности и теорию квантов света. Подтверждение квантовой теории было сделано в 1913 году датским физиком Н. Бором. В 1914–1915 гг. появилась его теория водородоподобных атомов. Важнейшим итогом его работ стало установление принципа соответствия (1918 г.).

В годы войны крупнейшие физики-теоретики того времени, научные руководители нескольких поколений физиков А. Зоммерфельд (Германия)

и П.Эренфест (Голландия, перед войной несколько лет провел в России) продолжили свои исследования в области атомной физики. В России была особенно высока роль П. Эренфеста. В военные годы он, будучи подданным нейтральной страны, имел возможность как переписки с российскими коллегами, так и публикаций в русской научной периодике [1, с. 479–485; 2, с. 590–598].

Именно благодаря этим ведущим физикам новые области науки получили свое начальное развитие. При этом очевидно, что если бы не война, последующие успехи и многие открытия появились бы раньше.

Зоммерфельд был не только одним из основателей квантовой механики, но и создателем основ физики атома, опубликованных в 1915–1916 гг. Фундаментальным итогом стал его труд «Строение атома и спектры», выпущенный сразу после окончания войны (1919 г.) и ставший основным учебником по теории атома для следующего поколения физиков.

Если упомянуть еще работы по спектроскопии рентгеновских лучей Г. Мозли (Англия, ученик Э. Резерфорда), В. Косселя (Германия), а также немецких физиков Д. Франка и Г. Герца, которые в своих работах 1912–1914 гг. изучали неупругие удары электронов с молекулами газа (пары ртути) и получили экспериментальное доказательство дискретности уровней энергии атомов, подтвердив теорию Н. Бора, то можно отметить, что фундаментальная физика, получив теоретические и экспериментальные доказательства новых идей, находилась на подъеме, который война не остановила.

Но как раз именно молодые ученые оказались в траншеях по обе стороны фронта в развязанном не ими мировом конфликте. Так, например, не ставший еще знаменитым французский физик Л. де Бройль после окончания Парижского университета в 1913 г. был призван на военную службу и зачислен в инженерный корпус. Во время войны он служил в радиотелеграфном дивизионе. Его основные достижения были еще впереди. А английский физик Э. Эплтон, ученик Э. Резерфорда и Дж. Дж. Томсона в Кембридже, в 1914 г. служил в пехоте, а затем в инженерных войсках, где тоже занимался радиосвязью: исследовал проблему затухания радиосигналов и работал с вакуумными трубками, став после войны крупнейшим специалистом в этих областях. В армии оказались и другие физики, упомянутые выше: Г. Мозли (погиб на фронте), Г. Герц и Д. Франк, англичанин Л. Брэгг, ставший в 1915 году Нобелевским лауреатом по физике,

вместе со своим отцом и соавтором Г.Брэггом за большой вклад в изучение структуры кристаллов с помощью рентгеновского излучения.

На этом фоне развитию фундаментальной физики непосредственно перед войной и во время войны в немалой степени способствовали российские физики. Темы их исследований и до войны, и в период войны в значительной степени отражали упомянутые выше тенденции.

Работы в области физики твердого тела. В первую очередь нужно отметить исследования в области физики твердого тела. В стенах Политехнического института в Петрограде весной 1916 года начал работать в будущем исторический для отечественной физики семинар профессора А.Ф. Иоффу, к участию в котором он привлек молодых сотрудников и студентов: П.Л. Капицу, М.В. Миловидову-Кирпичеву, Я.Г. Шмидт, П.И. Лукирского, Н.Н. Семенова, Я.И. Френкеля и других [3, с. 529–568].

Фундаментальная работа Иоффе [4, с. 261–296] была выполнена им в физической лаборатории Политехнического института вместе с преподавателем этого же института Миловидовой-Кирпичевой, принадлежавшей к первому поколению его учеников. В работе исследовалась электропроводность ионных кристаллов. Авторы доказали, что ток переносится ионами, т.е., что в ионных кристаллах осуществляется электролитический механизм электропроводности и что последняя складывается из двух составляющих: примесной, существенной при относительно низких температурах, и собственной, становящейся доминирующей с ростом температуры. Сейчас известно, что это характерно и для полупроводников – новой тогда дисциплине физики твердого тела. Значение работы подчеркивается тем фактом, что ее результаты после войны были представлены А.Ф. Иоффе на крупнейшем международном научном Сольвеевском конгрессе 1924 года и получили полное признание.

По приводимым ниже фактам можно представить развитие фундаментальной физики в России, если и в Первую мировую войну здесь были сделаны достойные работы упоминавшихся выше П.Л. Капицы, Я.И. Френкеля, П.И. Лукирского, Н.Н. Семенова, а также В.Р. Бурсиана, Ю.А. Круткова, С.А. Богуславского, А.А. Чернышева, М.А. Левитской и др. [5, с. 19–30, 33–72; 6, с. 87–100; 7, с. 138–156; 8, с. 297–318; 9, с. 77–100; 10, с. 237–254].

Работы в области теории относительности. Восприятие русскими учеными теории относительности не ограничилось периодом ученичества

и популяризации специальной теории относительности (СТО). В работах отечественных физиков, вышедших во время войны: К.К. Баумгарта, С.И. Вавилова, Д.А. Гольдгаммера, Я.П. Грдины, Л.Б. Слепяна (преподаватель Петроградского политехнического института), К.Н. Шапошникова и других [11, с. 1–38; 12, с. 354–365; 13, с. 150–157; 14, с. 251; 15] делались различные выводы – от ее полного отрицания до серьезной поддержки [16, с. 7–70]. Впрочем, это соответствовало общемировому отношению к необычной для классической физики теории. Для нашей темы важно, что интерес отечественных физиков к теории относительности сохранялся и поддерживался все это трудное время.

Работы по квантовой физике. Эта область новой физики еще не получила название «квантовая механика» и первые исследования отечественных ученых использовали разную терминологию. Среди них нужно отметить и работы военного времени, в частности, Ю.А. Круткова [17, с. 43–76; 18, с. 67]. Впоследствии развитый им метод адиабатических инвариантов сыграл существенную роль в развитии квантовой теории до создания квантовой механики, а сам автор справедливо считается одним из основателей советской теоретической физики. К периоду войны относятся и первые работы Я.И. Френкеля, сразу же после нее выпустившему фактически первые вузовские учебники, как по квантовой физике, так и по теории относительности (1921–1924 гг.) [19, с. 58–64]. Проблемами теоретической физики во время войны успешно занимался профессор Московского университета С.А. Богуславский в области электроники (расчет движения электронов в электрических и магнитных полях, предвосхитившие будущие потребности электроники и физики плазмы).

Весьма характерным для отечественной науки в разных дисциплинах был интерес к глобальным, «общечеловеческим» проблемам, включая, например, идею «ноосферы» В.И. Вернадского или к развитию зарождавшейся в начале века науке – биофизики (в современном понимании этой науки). В этой области значительными были работы русского физика П.П. Лазарева. Только в Журнале русского физико-химического общества (ЖРФХО) в военные годы он опубликовал не менее шести статей, из ко-

торых «Физико-химическая теория возбуждения» [20, с. 267–291] представляет фундаментальный обзор проблемы.

Прикладные военные исследования представителей фундаментальной физики

Вопросы создания нового вида вооружений волновали ведущих физиков – включая А.Эйнштейна [21]. Другой знаменитый физик Дж.Дж. Томсон во время первой мировой войны работал в Управлении исследований и изобретений и был советником британского правительства [22, р. 273–284].

Что касается конкретных исследований «на войну», то они были связаны с проблемами, которые без ученых решить не могли. Например, обнаружение подводных лодок. Этим занимались: в Англии – Г. Брэгг, во Франции – П. Ланжевен и русский ученый-эмигрант К.В. Шиловский [23].

Затем: звуковая разведка для обнаружения артиллерийских батарей противника и корректировка огня собственной артиллерии – Л. Брэгг (Англия), защита от перехвата и дальность радиопередач и улучшение их приема – М. Вин (Германия), бомбометание – А.А. Фридман, Н.Е. Жуковский (Россия), медицинская диагностика с помощью рентгеновских лучей – М. Склодовска-Кюри (Франция), А.А. Глаголева-Аркадьева (Россия). Последняя закончила физико-математический факультет Московских высших женских курсов в 1910 г., в войну работала в рентгеновском кабинете при военном госпитале в Москве и изобрела рентгеностереометр – прибор для точного определения положения пуль и осколков в теле раненых.

Разработки Ланжевена-Шиловского оказали сильнейшее влияние на стратегию и тактику военно-морских операций. Ланжевен предложил использовать кварцевый пьезоэлектрический излучатель ультразвуковых волн. Этот способ может применяться не только для поиска подводных лодок, мин, защиты кораблей, но и в медицине. Отсюда начала развитие новая отрасль физики – ультраакустика.

Задачей тогдашней радиотехники было генерирование незатухающих колебаний и избирательного приема электромагнитных волн. Военное значение этой проблемы и пути развития были сформулированы Максом Вином (двоюродным братом одного из авторитетнейших немецких физиков того времени, Вильгельма Вина). До этого практическое значение «беспроволочного телеграфа» было весьма ограничено. Основная задача

заклучалась в обеспечении устойчивой связи конкретных приемопередающих станций без какого-либо влияния других, что было невозможно в начальный «искровый» период радиопередач. С помощью новой системы Германия во время войны поддерживала связь со своими африканскими колониями и обеспечивала связь между кораблями флота.

С другой стороны фронта метод звуковой разведки под руководством Л. Брэгга хорошо зарекомендовал себя в сражениях 1917–1918 гг. Младший лейтенант Л. Брэгг (впоследствии майор) проявил себя как организатор этой службы в войсках [24].

На военном поприще проявили себя и русские ученые. Среди них отметим А.А. Фридмана, добровольцем вступившего в армию, который во время службы в авиации проявил себя и как ученый-практик. Он разработал новый метод бомбометания вместе с расчетными таблицами, превративший мирные аэропланы в оружие «дальнего прицела», и применил его на практике. Отечественный историк науки В.Я. Френкель разыскал любопытные материалы, хорошо иллюстрирующие «военные» страницы биографии этого физики-теоретика [25, с. 481–516]. При этом Фридман проявил и личное мужество в военных действиях русской авиации, будучи и летчиком-наблюдателем, и бомбардиром, и был награжден «Георгием» за храбрость.

Вообще, российская школа аэродинамики, возглавляемая Н.Е. Жуковским, и авиация до войны были сильной стороной отечественной науки и техники. Поэтому во время войны организовалась целая когорта ученых и конструкторов, несмотря на сложные условия, проявившая себя с лучшей стороны и как носители идей, и как блестящие их реализаторы. Среди них, кроме упомянутых, были и ученые-теоретики, и конструкторы, и инженеры, в том числе, профессора Петроградского политехнического института Г.А. Ботезат, С.П. Тимошенко, А.П. Фан-дер-Флит, профессор Горного института (а перед этим преподаватель Политехнического института) А.А. Лебедев. Их деятельность была связана, в частности, с расчетами и испытаниями новых моделей лучшего бомбардировщика войны «Ильи Муромца» конструкции И.И. Сикорского. Д.П. Рябушинский создал до войны аэродинамическую лабораторию, где во время войны по заданию Главного артиллерийского управления испытывались новые виды вооружения.

Еще одна область науки – радиопизика – выдвинула большое число своих приложений, играющих важнейшую роль со времен Первой миро-

вой войны – радиосвязь, радиоразведка и затем – радиолокация. Для России это имело особое значение. Радио и радиосвязь («беспроволочный телеграф») родились в России, но во время русско-японской войны ее преимуществами воспользовался противник. Одной из причин такого положения являлся даже не уровень техники у противоборствующих сторон, а степень подготовленности персонала к наилучшему выполнению технических обязанностей в боевых условиях. За период до 1914 г. в России было много сделано для преодоления этого отставания, но образованного персонала по-прежнему не хватало. Поэтому молодые русские физики считали своим долгом служить именно в этих частях российской армии и одновременно совершенствовать это «оружие». Среди них были будущие академики А.И. Берг, С.И. Вавилов, Г.С. Ландсберг [26, с. 302–322], прапорщиком стал Л.С. Термен, который в 1914 г. поступил в Петроградский университет, одновременно учась в консерватории по классу виолончели, а в начале Первой мировой войны окончил офицерскую электротехническую школу и служил прапорщиком в электротехническом отряде. Уже в первые послевоенные годы он стал изобретателем и создателем первых в мире электромузыкальных инструментов.

Организационные мероприятия в физическом сообществе России под влиянием событий на фронтах войны и внутривнутриполитического кризиса

В составе Российского физико-химического общества (РФХО) по Отделению физики в 1914 г. было 205 членов (среди них 10 женщин) (химиков, членов Отделения химии, было примерно в три раза больше). Число подписчиков ЖРФХО составляло 203 при тираже 600 экз. Общество получало из заграницы 45 научных журналов, в том числе 7 немецких (к примеру, из САСШ – всего один), и 43 отечественных.

К 1916 г. в его составе уже 234 члена (из них 14 женщин), но заметно меньше научных журналов: иностранных – 18 (из них 3 немецких), отечественных – 35, как общероссийских, так и отдельных институтов, учреждений и обществ, публиковавших работы по физике, в том числе, популяризаторские. Здесь интересно отметить новые издания книг Я.П. Перельмана по популяризации наук, вышедшие в годы войны, которыми тогда и сейчас увлекалось множество читателей [27; 28].

На заседании отделения физики РФХО 15 сентября 1915 г. под председательством А.Ф. Иоффе было принято решение:

1. Обратиться в комитет военно-технической помощи с предложением Отделения физики и войти в непосредственные отношения с отделом изобретений Центрального военно-промышленного комитета.

2. Довести через газеты до сведения отдельных заводов и лиц, работающих на армию, о деятельности Отделения.

3. Обратиться к членам Отделения с просьбой сообщать в Совет о тех задачах, которые в той ли иной форме известны членам Отделения и разрешению которых могло бы способствовать отделение.

4. Избрать представителями от отделения в комитет военно-технической помощи А.П. Афанасьева, А.Ф. Иоффе, Д.С. Рождественского [29, с. 549].

Однако масштабной работы в Комитете для физиков не оказалось, да, и крупных оригинальных идей тоже, и в следующем году в сообщении с заседания РФХО 8 марта 1916 г. говорится об освобождении Афанасьева, Иоффе и Рождественского от членства в Комиссии по военно-технической помощи. Вместо них Отделение физики решило ограничиться одним своим представителем – Н.Н. Георгиевским. В тот момент он был помощником редактора ЖРФХО, а ранее – учеником и сотрудником изобретателя радио А.С. Попова [30].

Особенно контрастным на этом фоне выглядело участие в работе руководящих российских правительственных органов их коллег-химиков. Здесь мы ограничимся следующим сравнением.

Уже 11 сентября 1914 г. Отделение химии заслушало доклад В.И. Похитонова «Современное состояние русской химической промышленности», среди основных положений которого звучали призывы к решительным мерам в области производства стратегической химической продукции: «Необходимо установить раз и навсегда определенный взгляд, что, если Россия нуждается в каком-либо продукте в целях ли государственной обороны, снабжения населения и т.п., то не должно быть места соображениям неправильно понимаемой экономии. Производство такого продукта должно быть установлено и поддержано во что бы то ни стало» [31, с. 201–209].

Первую мировую войну действительно называли войной химиков. Но поскольку цель данной работы показать роль именно физиков, то упо-

мянем и о вкладе физиков В.К. Аркадьева, Б.Б. Голицына и др. в «химическую» войну [32; 33, с. 1147; 34, с. 7].

Однако, трудности и научной, и повседневной жизни все возрастали и в 1917 г. выход ЖРФХО был фактически приостановлен – вышло всего 2 выпуска. Только в 1918 г. журнал продолжил свое существование, когда вышли одним томом его 3–9 выпуски.

Из журнала исчезла реклама продукции рентгеновской и другой физической аппаратуры предприятия «Первый русский завод трубок Рентгена Н.А. Федорицкого». Само предприятие было разорено в годы войны и последующей разрухи и уже при Советской власти пришлось это производство создавать заново под руководством ставшего уже академиком А.Ф. Иоффе, одного из основателей (1918 г.) и первого директора Государственного рентгено-радиологического института (ГРРИ). Это будущий Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе.

В эти годы отечественная физика несла значительные потери. Одной из них была кончина академика Б.Б. Голицына [35]. И это была не единственная тяжелая потеря отечественной физики – ученых, деятельность которых, продолжись она далее, принесла бы огромную пользу отечественной науке. В 1915 г. умерли один из крупнейших отечественных физиков – профессор Московского университета Н.А. Умов, А.Л. Гершун – создатель отечественной оптической промышленности. Дело создания оптического стекла приборного качества для полевых биноклей, дальномеров, прицелов, стереотруб, перископов, т.е. сугубо военных изделий, а также микроскопов, телескопов, спектрографов и многих других приборов – перешло в руки Д.С. Рождественского, ставшего уже в советское время классиком мировой оптики и спектроскопии.

Серьезной потерей и были большие перерывы в публикациях результатов научных исследований практически всех ведущих отечественных физиков, особенно – в конце войны.

Сотрудничество и связи с зарубежными физиками в годы войны

Здесь, конечно, следует выделить отношение российского физического сообщества с немецкими учеными. Связи русских физиков с Германией были особенно сильны и привлекательны до войны. Это относится и

к учебе, и к научным контактам, и к публикациям русских физиков в немецких изданиях и, наоборот, немецких ученых в российских, что было хорошей практикой.

Эта тема вполне заслуживает отдельного рассмотрения, также как и выход из сложившейся ситуации во время войны и после нее. Здесь мы ограничимся несколькими характерными примерами. Так, публикация одной из работ М.А. Левитской в ЖРФХО сопровождается примечанием: «Работа сделана в Геттингенском университете» [36, с. 169–175]. М.В. Миловидова-Кирпичева публикует специальный обзор работ немецкого физика В. Косселя из немецкого журнала во время войны [37, с. 265–278]. И это в условиях, когда аннотации к статьям в ЖРФХО приводились не на немецком языке, а на французском.

Более того, выполняя указание российского правительства (министерства просвещения), РФХО было переименовано – вместо прежнего официального названия «Российское физико-химическое общество при Санкт-Петербургском университете» появилось «Российское физико-химическое общество при Петроградском университете».

Ряд российских физиков к началу войны оказался вне России. Вернувшийся из Шотландии П.Л. Капица, студент 3-го курса Политехнического института, добровольцем пошел на фронт (шофер санитарной машины) [38, с. 9]. Те, кто учился или работал в Германии, были интернированы. Из них особенно нужно отметить В.К. Фредерикса, который получил возможность работать в Геттингене, где остался на 8 лет (1910–1918 гг.), у Д. Гильберта, лидера мировой математики. После своего возвращения в Россию Фредерикс ознакомил своих русских коллег-физиков с общей теорией относительности (ОТО) А. Эйнштейна. Он немало способствовал впечатляющему вкладу отечественных ученых, в первую очередь, упоминавшихся выше Фридмана, Круткова и самого Фредерикса, в ОТО (уже в советское время) [39, с. 106–142].

Фундаментальные изменения во взаимоотношениях научного сообщества и государства в годы войны

Если говорить о делах государственного масштаба того времени в области науки и ее организации, то наиболее заметным и инициативным

со стороны российского ученого сообщества, в первую очередь, его ведущих представителей – ученых мирового масштаба В.И. Вернадского, Б.Б. Голицына, Д.С. Рождественского и других – было участие в создании (в начале 1915 г.) и работе Комиссии по изучению естественных производительных сил России (КЕПС).

Подобного рода деятельность ведущих деятелей науки в других воюющих странах и те задачи, которые ими решались, привели к резкому изменению академической науки в мире. Война создала новые связи между научным сообществом, государством, армией и промышленностью [40, р. 47–60].

Наиболее решительные шаги были сделаны в САСШ [41, с. 114–135], позже всех вступивших в мировую войну, как со стороны научного сообщества во главе с такими знаменитостями, как изобретатель Т. Эдисон, астроном Д. Хейл, физик Р. Миликан, так и со стороны правительства и Конгресса. В первой половине 1916 г. был учрежден новый орган – Национальный совет по науке, который координировал научную работу и выполнение заданий армии и флота, сотрудничая с Советом по национальной безопасности. Например, физическая лаборатория Гарвардского университета была полностью ориентирована на военные нужды.

Необычные события происходили в академической жизни в Англии, в которой университеты имели солидную автономность. Но участие английских (британских) ученых в войне привело к резкой смене их ориентации и усилению настойчивости, с которой их научное сообщество требовало вмешательство государства в науку и высшее образование даже в классических университетах. Дискуссия и диалог с государством шли на страницах ведущих научных и общественных изданий [42, р. 221–222] Не менее актуально и остро шло обсуждение послевоенной организации науки – вплоть до обсуждения в парламенте [43, р. 180–185; 44, р. 29–30; 45, р. 321–327].

В Германии финансируемые правительством институты и лаборатории, в первую очередь, смогли в кратчайшие сроки сориентироваться на военные нужды. Кроме того, организация «большой науки» и координации исследовательских инициатив способствовала деятельности Общества кайзера Вильгельма, основанного в 1911 г. и включавшего вне университетов авторитетные научно-исследовательские институты, которые получали поддержку правительства. Уже во время войны было учреждено Военно-

техническое Общество кайзера Вильгельма, ставшее координатором научных исследований в стране. Хотя Германия изменила свою государственность после поражения, но значительная часть научных структур осталась, кроме того, основывались после 1920 г. новые институты Общества.

По сути дела с этого же началось становление государственной науки и в Советской России, в отличие от весьма ограниченного числа научных учреждений до 1917 года [46, с. 14–28].

Заключение

В качестве главного вывода настоящей работы, отметим: научная деятельность (учебная из-за призыва студентов почти прекратилась) российских физиков, включая работы на оборону и армию, оказалась крайне затруднена по рассмотренным выше причинам, в том числе, и из-за разрыва научных связей. Прикладные исследования, непосредственно связанные с применением физических знаний к насущным военным вопросам в области распространения радиоволн и совершенствования радиосвязи, артиллерийской внешней и внутренней баллистики [47, с. 334–381], приемов бомбардировок с воздуха, защитой от отравляющих веществ, полевой рентгеноскопии и т.д. проводились и были успешными. В годы войны продолжались издаваться книги и учебники по физическим дисциплинам [48; 49; 50; 51]. Но трудности и научной, и повседневной жизни все возрастали.

А еще предстояла гражданская война...

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК:

- 1. Эренфест П.** Об интерференционных явлениях, имеющих место при прохождении рентгеновых лучей через двухатомный газ // ЖРФХО. 1915. Т. 47 (вып. 7).
- 2. Эренфест П.** Замечания о капиллярной теории кристаллической формы // ЖРФХО. 1915. Т. 47 (вып. 9).
- 3. Френкель В.И.** Пятьдесят лет Физико-техническому институту им. А.Ф. Иоффе АН СССР // УФН. 1968. Т. 96 (вып. 3).
- 4. Иоффе А.Ф., Кирпичева М.** Электропроводность чистых кристаллов // ЖРФХО. 1916. Т. 48 (вып. 8А).
- 5. Френкель Я.И.** Строение атомов в свете радиоактивных излучений // ЖРФХО. 1917. Т. 49 (вып. 1). Ч. 2.

6. **Бурсиан В.Р.** Об условиях устойчивости термодинамического равновесия в связи с точной формулировкой принципа Ле Шателье-Брауна // ЖРФХО. 1917. Т. 49 (вып. 3-9).
7. **Богуславский С.А.** К термодинамике периодического движения // ЖРФХО. 1917. Т. 49 (вып. 3-9).
8. **Капица П.Л.** Инерция электронов в амперовых молекулярных токах // ЖРФХО. 1916. Т. 48 (вып. 9). Ч. 2.
9. **Чернышев А.А.** Роль земли и верхних слоев атмосферы в распространении электромагнитных волн вокруг земной поверхности // ЖРФХО. 1916. Т. 48 (вып. 3). Ч. 2.
10. **Семенов Н.Н.** К теории прохождения электричества через газы // ЖРФХО. 1916 Т. 48 (вып. 7).
11. **Грдина Я.** Физический или ограниченный принцип относительности // ЖРФХО. 1916. Т. 48 (вып. 1).
12. **Шапошников К.Н.** Принцип относительности // ЖРФХО. 1915. Т. 47. (вып. 10Б).
13. **Слепян Л.** Истинный принцип относительности и основание формул преобразования классической механики // ЖРФХО. 1916. Т. 48 (вып. 3) Ч. 1.
14. **Вавилов С.** Об одном возможном выводе из опытов Майкельсона и др. // Вестн. оп. физ. и элемен. математики. 1915. № 634.
15. **Гольдгаммер Д.А.** Новая теория электромагнитных явлений в движущихся средах // Изв. Казан. Физ.-мат. Об-ва. 1915. Т. 21 (№ 1-2).
16. **Визгин В.П., Горелик Г.Е.** Восприятие теории относительности в России и СССР // Эйнштейновский сборник, 1984-1985 (сб. статей). М.: Наука, 1988.
17. **Крутков Ю.А.** О теории квантов // ЖРФХО. 1916. Т. 48 (вып. 2А). С. 43-76
18. **Утов Н.А.** Ein möglicher Sinn der Quantentheorie // Приложение к Временнику Общества им. Леденцова. 1915. Т. 5 (№ 5).
19. **Дьяков Б.Б.** Первые вузовские учебники по квантовой механике и теории относительности. Политехнический институт. 1922-1925 гг. // Межд. науч.-практ. конференция, посвящ. 110-летию начала занятий в Петербургском Политехническом университете, 30 октября 2012 г. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2013.
20. **Лазарев П.П.** Физико-химическая теория возбуждения // ЖРФХО. 1914 Т. 46 (вып. 8Б).
21. **Френкель В.Я., Явелов Б.Е.** Эйнштейн: изобретения и эксперимент. М.: Наука, 1990.
22. **W. Van der Kloot.** Lawrence Bragg' role in the development of sound-ranging in World War I // Notes Rec. R. Soc. 2005. V. 59.
23. **Клюкин И.И., Шошков Е.Н.** Константин Васильевич Шиловский 1880-1958. Л.: Наука, 1984.
24. **Zuoyue Wang.** The First World War, Academic Science, and the «Two Cultures»: Educational Reforms at the University of Cambridge // Minerva. 33: 107-127, 1995.
25. **Френкель В.Я.** Александр Александрович Фридман // УФН. 1988. Т. 155 (вып. 3). С. 481-516. V. Ya. Frenkel. Alexandr Alexandrovich Fridman // UFN. 1988. Т. 155 (vyp. 3).

26. Ландсберг Г.С. Детекторы беспроволочной телеграфии // ЖРФХО. 1915. Т. 47 (вып. 9Б).
27. Перельман Я.И. Занимательная физика. 1 книга. Пг., 1916. 2-е изд. 230 с.
28. Перельман Я.И. Занимательная физика. 2 книга. Пг., 1916. 225 с.
29. ЖРФХО. 1915. Т. 47 (вып. 8).
30. ЖРФХО. 1916. Т. 48 (вып. 2). Ч. 2.
31. Похитонов В.И. Состояние российской химической промышленности // ЖРФХО (Ч. Хим.). 1914. Т. 46 (вып. 7).
32. Аркадьев В.К. Научно-технические основы газовой борьбы. М., 1915. 2-е изд.
33. Голицын Б.Б. Об Охтинском взрыве 15/29 апреля 1915 года // Изв. АН. 1915. Т. 9 (№ 11).
34. Ландезен Г.А. К борьбе с удушливыми газами // Уч. записки Юрьевского университета. 1915. Т. 23.
35. Семенов-Тянь-Шанский П.П. Академик князь Б.Б. Голицын. Пг., 1916.
36. Левитская М.А. Явление Зеемана в спектре палладия // ЖРФХО. 1916. Т. 48 (вып. 6).
37. Кирпичева М. Химические свойства изотопов по гипотезе Косселя // ЖРФХО. 1916. Т. 48 (вып. 8).
38. Кедров Ф.Б. Капица: жизнь и открытия. 2-е изд., доп.. М.: Моск. рабочий, 1984.
39. Визгин В.П., Френкель В.Я. Всеволод Константинович Фредерикс – пионер релятивизма и физики жидких кристаллов в СССР // Эйнштейновский сборник, 1984–1985 (сб. статей). М.: Наука, 1988.
40. Kevles D. Into Hostile Political Camps: The Reorganization of International Science in World War I // Isis. LXII (Spring 1971).
41. Штрупп К. Восприятие германской науки и исследований в Америке во время Первой мировой войны // Наука, техника и общество России и Германии во время Первой мировой войны. Science, Technology and Society in Russia and Germany during the First World War / Рос. акад. наук. Ин-т истории естествознания и техники им. С. И. Вавилова, Тюбинг. ун-т (ред. Э.И. Колчинский, Д. Байрау; ред.-сост. Ю. А. Лайус). СПб.: Нестор-История, 2007.
42. Science and the State. Nature. XCII (29 October, 1914).
43. Fleming J.A. Science in the War and After the War // Nature. XCVI (14 Oct., 1915).
44. The War—and After // Nature. XCIV (10 September, 1914).
45. An Advisory Council on Industrial Research // Nature. XCV (20 May, 1915).
46. Дьяков Б.Б. Становление ученого сообщества в годы утверждения Советской власти в России // Российский социум: прошлое, настоящее и будущее СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. – С. 14-26. ISBN 978-5-7422-4611-4
47. Динник А.Н. О распределении напряжений в стенках артиллерийских орудий. 1914. Т. 46 (вып. 10А)
48. Итоги науки в теории и практике. Кн. 37 и 38. М., 1915
49. Короленко А.Н. О рентгеновских кабинетах России. Пг., 1915.
50. Мещерский И.В. Сборник задач по теоретической механике. Пг., 1916
51. Тимошенко С.П. Курс теории упругости. Ч. 2. Пг., 1916.