

## УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК

### К ТРИДЦАТИЛЕТИЮ СОВЕТСКОЙ ФИЗИКИ

#### ПУТИ РАЗВИТИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ В СССР

*Д. И. Блохинцев*

«В науке нет широкой столбовой дороги, и только тот может достигнуть её сияющих вершин, кто, не страшась усталости, карабкается по её каменистым тропам».

Если эти слова К. Маркса приложимы к любому научному достижению, в любых условиях, то в условиях старой России путь по этим тропам непомерно отяжелел душными общественными условиями и технической отсталостью, которая особенно неблагоприятно отражалась на развитии экспериментальной, а вместе с тем и теоретической физики.

Русская мысль всегда была богата идеями, но далеко не всегда эти идеи получали надлежащее развитие и достойное признание. В «тюрьме народов» хирели и гибли и люди и идеи. Только немногим отдельным лицам удавалось пробиваться по этой каменистой тропе.

К числу таких людей принадлежал, например, Н. А. Умов, блестящий мыслитель и общественный деятель, которого мы должны считать одним из первых физиков-теоретиков в России, создавшим замечательное, революционное по тому времени учение о движении энергии. Помимо Н. А. Умова, были в то время и другие физики, занимавшиеся теоретической физикой как своей специальностью.

Среди них талантливый, рано умерший С. А. Богуславский, который с исчерпывающей полнотой рассмотрел классическую динамику электрона. В своё время Н. П. Кастерин с успехом занимался теоретической акустикой. Но всё же теоретических школ в дореволюционное время создано не было.

Богатейшие возможности, скрытые в народах нашей страны, не могли обнаружиться со всей полнотой и силой.

Поездки учёных «за границу» были обычным делом, вынужденным шагом, которого не мог избежать ни один физик, желавший

изучать современную физику с тем, чтобы позднее развивать её в своей стране. Неисчислимы имена тех, которые принесли свои научные интересы в жертву своим общественным принципам.

В силу этих тяжелых условий могучее развитие теоретической физики в первых двух десятилетиях нашего века, выразившееся в создании теории относительности и квантовой теории, прошло без участия русской науки.

Страна опоздала к тому времени, когда закладывался фундамент современной теоретической физики. Наши учёные вступили в дело позднее, с того времени, когда Октябрьская революция освободила народные силы.

Теоретическая физика как самостоятельная дисциплина в нашей стране начинает развиваться лишь при советской власти.

Двадцатые годы, ознаменовавшиеся открытием квантовой механики, для теоретической физики были годами замечательных достижений. Приложение идей квантовой механики и теории относительности к миру атомных явлений, подобно магическому ключу, открывало то одну, то другую дверь в тайниках микромира.

Именно в этот период советские ученые со всей страстью впервые вступают на поприще теоретической физики.

В Ленинградском физико-техническом институте, руководимом А. Ф. Иоффе, организуется группа теоретиков, в большинстве в то время молодых, начинающих ученых.

Несколько позднее возникает группа при Московском Государственном университете, где теоретики сосредоточиваются около Л. И. Мандельштама, бывшего не только выдающимся и глубоким учёным, но и подлинным учителем многих теоретиков.

На развитие теоретической физики, особенно в Ленинграде, большое и плодотворное влияние оказал один из замечательнейших физиков нашего времени — П. С. Эренфест, работавший ранее в Петербурге и принадлежавший к числу людей, не нашедших себе места в царской России. П. С. Эренфест бывал и в Московском университете, и мне памятны его слова, обращённые к студентам МГУ: «молодёжи, которая с таким энтузиазмом стремилась бы к науке, как это я вижу здесь, в Советской России, мне не приходилось встречать нигде».

В этот же период среди физиков-теоретиков происходят бурные дискуссии по основам научного мировоззрения. В то время среди наших учёных ещё было велико влияние буржуазной идеологии.

Эти дискуссии были началом тех боёв, которые были даны освобождённой от цензурных пут революционной философией диалектического материализма реакционному, антинаучному идеализму и дискредитирующему материализм механическому материализму.

Особенно острые споры имели место вокруг основных понятий и представлений современной теоретической физики.

Понятия силы и энергии, близкое действие и дальное действие, происхождение статистической закономерности, закон сохранения энергии, философские проблемы, связанные с толкованием квантовой механики и теории относительности, и многие другие вопросы, относящиеся к самым основам современной теории, были предметом обсуждений и полемических споров.

Советские теоретики не раз выступали в советской философской печати с критическим анализом идеалистических течений в современной буржуазной физике и философии, жонглирующих понятиями современной науки. Эта идеологическая работа физиков, в которой принимали участие С. И. Вавилов, А. Ф. Иоффе, М. А. Марков и многие другие лица, способствовала укреплению позиций диалектического материализма.

В этой атмосфере борьбы с отживающими, устаревшими взглядами росла и крепла советская теоретическая мысль.

Вместе с тем возникли и развивались собственные теоретические школы.

Среди наших физиков-теоретиков, кроме Л. И. Мандельштама, оказавшего столь глубокое влияние на всю московскую школу, что значение его трудно переоценить, особенно много было сделано в отношении воспитания теоретиков Л. Д. Ландау, И. Е. Таммом, В. А. Фоком и Я. И. Френкелем.

Непосредственно из научных школ, созданных этими физиками, а также косвенно, под влиянием общего роста уровня теоретической физики в нашей стране, за тридцать лет развития выросли многочисленные собственные кадры советских теоретиков.

Научная деятельность советских теоретиков охватывает сейчас всё обширное поле теоретической физики теорию поля теорию относительности, термодинамику и статистическую физику, квантовую механику и самые многообразные приложения этих теорий к различным областям физики.

В области теории поля значительный вклад сделан работами В. А. Фока, М. А. Леонтовича, Е. Л. Фейнберга и др. по распространению электромагнитных волн. К этому же кругу работ можно отнести изящную работу С. М. Рытова по скин-эффекту. Многие труднейшие задачи теории поля были с успехом решены Г. А. Гринбергом.

В. А. Фоку принадлежит первоклассная работа, в которой дано приближённое решение проблемы многих тел в общей теории относительности. Помимо этой фундаментальной работы В. А. Фока, в области теории относительности интересны работы Г. А. Манделя по пятимерной теории, работы А. А. Фридмана и Е. М. Лифшица по космологическим решениям уравнений гравитационного поля.

Советским теоретикам принадлежит также ряд работ по связи квантовой теории и общей теории относительности.

В области термодинамики в первую очередь следует отметить блестящие работы Л. Д. Ландау по теории фазовых переходов второго рода.

М. А. Леонтовичу принадлежит важное исследование по термодинамике неравновесных процессов и много других тонких исследований по основам статистической физики, характерной чертой которых является точная постановка вопроса и строгое решение. Много работ советских учёных посвящено кинетике неравновесных процессов (Б. И. Давыдов, Л. Э. Гуревич и др.).

В последнее время Н. Н. Боголюбов, в тесной связи с работами А. А. Власова по учёту дальнедействующих сил, внёс фундаментальный вклад в статистическую физику, дав последовательный метод решения основных уравнений статистической физики для стационарных и нестационарных процессов.

В развитии нерелятивистской квантовой механики советским теоретикам также принадлежат значительные результаты. В. А. Фоком был дан метод приближённого решения проблемы многих тел с учётом обменных явлений (так называемый «метод самосогласованного поля»). Эта работа по праву может считаться классической. Очень значительный вклад в толкование квантовой механики был сделан Л. И. Мандельштамом в его учении о «прямых» и «косвенных» измерениях. Представляет большой интерес толкование соотношения  $\Delta E \cdot \Delta t > h$ , данное Л. И. Мандельштамом и И. Е. Таммом; интересна связанная с этой работой работа В. А. Фока и Н. С. Крылова. Среди работ, относящихся к этой области, можно отметить изящную работу Л. Д. Ландау по «квазиклассическому» приближению. В ином аспекте связь квантовой и классической механики занимались Д. И. Блохинцев, П. Э. Немировский и Я. П. Терлецкий.

Советские теоретики много и интересно работали и работают сейчас над основными проблемами современной теоретической физики — релятивистской квантовой механикой, теорией элементарных частиц и теорией ядерных сил.

Я. И. Френкель первый разработывал теорию вращающегося электрона. Им же были написаны обобщённые уравнения Максвелла для частиц с массой, не равной нулю, которые у нас, по дурной привычке «не признавать пророков в своём отечестве», называют уравнениями Прока (написавшего их много позднее).

И. Е. Тамму принадлежит фундаментальная работа по рассеянию жёсткого излучения на свободных электронах, в которой последовательно, на основании квантовой теории поля, была выведена формула для рассеяния излучения при Комптон-эффекте. В. А. Фок развил замечательный аппарат «функционалов» в применении к проблемам квантовой электродинамики. Ему же (совместно с П. Дираком и Б. Подольским) принадлежит работа по «многовременному формализму», в которой даётся последовательная, релятивистски инвариантная формулировка квантовой электродинамики. Эта работа во-

шла во все монографии, относящиеся к этой области. М. А. Марков применил эту же схему к классической теории и дал критерий релятивистской инвариантности гамильтоновского метода. К этому же кругу проблем относится ряд работ К. В. Никольского.

Как известно, в настоящее время теория элементарных частиц сталкивается с принципиальными трудностями, связанными с тем, что, согласно современной теории, собственная энергия частиц оказывается бесконечной. Эта проблема занимает умы теоретиков всего мира. Нашим советским теоретикам принадлежит ряд идей, в направлении развития которых можно ожидать выхода из указанного противоречия. Так, В. А. Амбарцумианом и Д. Д. Иваненко была высказана идея о квантовании пространства, которая теперь получила интересное развитие в работах Снайдера.

Л. Д. Ландау в совместной работе с Р. Пайерльсом указал на принципиальную возможность «индивидуальных ошибок» в измерении координат частиц.

М. А. Маркову принадлежит замечательная идея о «четырёхмерно протяжённом» электроны. С другой точки зрения эта же мысль разрабатывается сейчас автором статьи.

Изысканная идея о частицах с возбуждёнными спиновыми состояниями успешно разрабатывается В. Л. Гинзбургом. В связи с вероятным существованием различных сортов мезонов эта идея приобретает особый интерес. В. Л. Гинзбургу принадлежит также ряд работ по квантовой электродинамике.

Совсем в недавнее время И. Я. Померанчук дал превосходное развитие и критический анализ так называемого  $\lambda$ -процесса — одного из приёмов «ликвидации бесконечностей».

В кругу этих же принципиальных проблем лежат работы советских теоретиков по учёту роли затухания в процессах рассеяния частиц (Д. Д. Иваненко и А. А. Соколов, П. Э. Немировский, Я. А. Смородинский и др.).

В теории ядерных сил следует прежде всего отметить основную идею Д. Д. Иваненко о строении ядра из протонов и нейтронов, которая позднее была развита Гейзенбергом.

И. Е. Тамму и Д. Д. Иваненко принадлежит также идея о происхождении ядерных сил. Согласно этой идее, подробно разработанной И. Е. Таммом, ядерные силы обусловлены обменом электронов и нейтрино («парные силы»). Эта работа И. Е. Тамма оказала существенное влияние на всё развитие учения о ядерных силах. В последнее время И. Е. Таммом были сформулированы релятивистские уравнения для взаимодействия ядерных частиц.

Л. И. Мандельштамом и М. А. Леонтовичем была впервые дана теория прохождения через потенциальные барьеры, позднее положенная в основу теории радиоактивного распада и других явлений.

Много поработали советские теоретики также над теорией столкновений частиц и её приложениями. Особенно значительный

вклад сделан в теорию космических лучей работами Л. Д. Ландау, И. Е. Тамма, С. З. Беленького, а также А. Б. Мигдала и др., которые существенно развили и усовершенствовали лавинную теорию космических лучей. Я. П. Терлецкий указал на любопытную возможность объяснения космических лучей ускорением частиц в электромагнитных полях звезд.

Среди работ, относящихся к прохождению частиц через вещество, значительный интерес представляют работы А. И. Ахиезера и И. Я. Померанчука по рассеянию медленных нейтронов. В теории столкновений существенный вклад сделан также работами Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшица, Я. А. Смородинского, П. Э. Немировского и др., изучавшими различные эффекты при столкновении элементарных частиц

Особенно многообразны достижения советских теоретиков в приложениях квантовой теории и статистической физики к учению об электропроводности, о магнетизме, об оптических и других свойствах вещества в различных физических состояниях. Я. И. Френкель один из первых успешно разрабатывал теорию электропроводности металлов на основе волновой механики.

И. Е. Таммом впервые была дана правильная теория фотоэлектрического эффекта.

Существенные результаты по теплопроводности твердых тел, в том числе и металлов, были получены И. Я. Померанчуком. Над вопросами теории металлов и различных эффектов в них успешно работали и многие другие физики. Особенно выдающиеся результаты принадлежат советским теоретикам в учении о магнетизме.

Л. Д. Ландау была доказана квантовая природа диамагнетизма металлов — результат, привлечший в свое время внимание всех теоретиков.

Я. И. Френкель много ранее Гейзенберга указал на обменные силы как на причину спонтанного намагничивания.

Фундаментальная работа по ферромагнетизму была сделана Н. С. Акуловым, развившим феноменологическую теорию анизотропии и магнетострикции. В области учения о ферромагнетизме многие другие существенные результаты были получены А. И. Ахиезером, С. В. Вонсовским, Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшицем, Е. И. Кондорским, И. Я. Померанчуком и др.

В учении о полупроводниках и диэлектриках советским теоретикам принадлежит ряд первостепенных идей. Так, в изящной работе И. Е. Тамма доказано существование локальных поверхностных уровней в идеальном кристалле.

Л. Д. Ландау была высказана плодотворная мысль о «самозахвате» электрона в кристаллической решетке, получившая дальнейшее развитие и применение во многих работах, среди которых особенно следует отметить работу С. И. Пекаря. Я. И. Френкель ввел

в теорию кристаллических полупроводников и диэлектриков две важнейшие идеи — идею о «дырочной» проводимости и идею о так называемых «экситонах» — квантах возбуждения, распространяющихся в кристалле в виде волн. Д. И. Блохинцеву, Б. И. Давыдову и С. И. Пекарю принадлежит теория выпрямления на контакте меггалл — полупроводник. В. Л. Гинзбургу в оригинальной работе удалось дать толкование открытого Б. М. Вулом явления аномально большой диэлектрической постоянной некоторых кристаллов.

Существенные и изящные результаты по теории несовершенных кристаллов, каковыми и являются полупроводники, были получены Е. М. Лифшицем.

К числу работ, относящихся к теории полупроводников, следует отнести и работу Д. И. Блохинцева по теории фосфоресценции, в которой впервые было истолковано это явление на основании квантовой теории полупроводников и указано на качественное согласие с опытными фактами. Существенные результаты по закону затухания фосфоров были получены В. В. Антоновым-Романовским и З. И. Адировичем и В. Л. Левшиным.

В теории жидких тел значительный результат достигнут Л. Д. Ландау, которому удалось построить феноменологическую теорию квантовой жидкости и тем самым объяснить поразительные и на первый взгляд загадочные явления, наблюдающиеся в жидком гелии II Эта работа Ландау была недавно дополнена микроскопической теорией Н. Н. Боголюбова.

В развитие учения о жидкости много ценного привнесено идеями Я. И. Френкеля, который рассматривает жидкость как нечто более близкое к кристаллу, нежели к газу.

Советские теоретики занимались также применениями кинетической теории к плазме — среде, состоящей из электронов и ионов и занимающей промежуточное положение между газом и жидкостью. В этой связи следует отметить работы Л. Д. Ландау и А. А. Власова, впервые написавшего кинетические уравнения для среды, в которой существенны дальнедействующие силы. Близкое отношение к этому кругу проблем имеют работы В. Л. Гинзбурга по ионосфере.

В области оптики фундаментальное значение имеют работы И. Е. Тамма и М. А. Леонтовича по теории рассеяния света. Эти работы непосредственно связаны с именем покойного Л. И. Мандельштама, который был их вдохновителем.

В теоретической оптике должны быть также отмечены работы С. И. Вавилова и его учеников (В. Л. Левшина, И. М. Франка и др.) по теории люминесценции в растворах и твердых телах. Теория ширины спектральных линий в газах была дана в работе А. А. Власова и В. С. Фурсова.

Одна из самых изящных работ по оптике принадлежит И. М. Франку и И. Е. Тамму, давшим теорию излучения электрона,

движущегося в среде со сверхсветовой скоростью, — явления, открытого под руководством С. И. Вавилова его учеником П. А. Черенковым.

В заключение отметим, что наши теоретики с успехом вторгались и в смежные области: гидродинамику, акустику и др. Здесь можно отметить работы Л. Д. Ландау (по теории детонации и турбулентности), С. З. Беленького (ударные волны), значительные работы Я. Б. Зельдовича (по теории горения, детонации и распространения ударных волн), многочисленные работы Н. Н. Андреева и его школы (Д. И. Блохинцева, Л. М. Бреховских и др.) по различным вопросам акустики.

Далеко не все работы можно осветить в этом лаконичном перечне. Но советские физики могут быть удовлетворены тем фактом, что рамки журнальной статьи не могут вместить даже перечень их работ.

Теоретическая физика прочно вошла в университетские программы. Сейчас читаются курсы теории электромагнитного поля, статистической физики и термодинамики, квантовой теории и др.

За истекшие тридцать лет создалась огромная советская литература по вопросам теоретической физики.

Это — в первую очередь наши физические журналы, в большой мере заполненные оригинальными и обзорными статьями по вопросам теоретической физики, страницы которых пристально изучаются нашими и иностранными учёными. Это — многочисленные оригинальные и переводные монографии по отдельным отраслям теоретической физики. Это, наконец, — разнообразные учебники, над которыми много поработали теоретики и которые стяжали заслуженное одобрение наших педагогов, аспирантов и студентов. Среди этих учебников по теоретической физике можно отметить «Основы теории электричества» И. Е. Тамма, «Начала квантовой механики» В. А. Фока, курсы «Электродинамики» и «Волновой механики» Я. И. Френкеля, «Введение в квантовую механику» Д. И. Блохинцева, много томный курс теоретической физики Л. Д. Ландау и Е. М. Лифшица, «Статистическая физика» М. А. Леонтовича и др.

Этот краткий обзор деятельности советских теоретиков показывает, что советская теоретическая физика полностью встала на самостоятельный путь развития и находится на уровне передовой мировой науки.

Она успешно соревнуется с зарубежной наукой в решении многообразных проблем современной физической теории. В этом соревновании перед нами поставлена задача перегнать буржуазную науку. Эта задача значительно более трудная, ибо глубоки и сложны те фундаментальные проблемы, которые стоят сейчас перед теоретической физикой. Для решения этих проблем недостаточна хотя бы и талантливая, но ремесленная работа. Необходима коллективная творческая работа, работа глубокого мышления, способного



к широким обобщениям и владеющего передовой философией революционного материализма.

Нашим теоретикам пришлось немало бороться за пропаганду современной науки, за «чистоту» понимания её духа.

Но было бы опасным абсолютизировать принципы современной теории.

Благородная задача наших теоретиков заключается в том, чтобы поддерживать новаторские течения в нашей науке, бережно вырастить ростки новых идей в атмосфере строгой, но благожелательной критики, отстаивая общие интересы и честь советской теоретической мысли.

---