



В редакции журнала имеются в наличии книги

Шапиро И.С., Ольшанецкий М.А. Лекции по топологии для физиков. Ижевск: Издательский дом «Удмуртский университет», 1999. 132 с. ISBN 5-7029-0311-0

Предлагаемый текст представляет собой обработанный курс лекций, прочитанный И.С.Шапиро группе физиков ИТЭФ в 1977–78 годах. Публикуемая часть курса является введением в теорию гомологий.

Стоимость наложенного платежа 37 руб.

Поляков А.М. Калибровочные поля и струны. Ижевск: Издательский дом «Удмуртский университет», 1999. 321 с. ISBN 5-7029-0322-6

Автор книги выдающийся физик–теоретик, специалист по квантовой теории поля. Книга написана на основе его научного дневника и представляет субъективный взгляд на важнейшие проблемы теоретической и математической физики – конфайнмент кварков, инстантоны, магнитные монополи, струны, критические явления. Эти разнообразные вопросы объединены общей целью – понять поведение квантополевых систем в области сильной связи, когда теория возмущений неприменима. В книге ясно и увлекательно изложены тонкие и сложные современные методы квантовой теории поля, и она отлично дополняет традиционные учебники по теории поля и физике элементарных частиц.

Стоимость наложенного платежа 47 руб.

Козлов В.В. Общая теория вихрей. Ижевск: Издательский дом «Удмуртский университет», 1998. 238 с. ISBN 5-7029-0299-8

Книга посвящена математическому изложению аналогий, существующих между гидродинамикой, геометрической оптикой и механикой. Изучение семейств траекторий гамильтоновых систем по существу сводится к задачам многомерной гидродинамики идеальной жидкости. В частности, известный метод Гамильтона – Якоби отвечает случаю потенциальных течений. Даны некоторые приложения такого подхода, в частности, вихревой метод точного интегрирования дифференциальных уравнений динамики.

Стоимость наложенного платежа 43 руб.

Книги можно заказать в редакции.

E-mail: and@cas.ssu.runnet.ru

Тел.ред. (845-2) 51-42-98





Изв. вузов «ПНД», т. 7, № 2,3, 1999

УДК537.8(09)

ОБ ИЗОБРЕТЕНИИ РАДИО ... И НЕ ТОЛЬКО
Лекция, прочитанная на открытии физматшколы
в Зеленом Городе 4 августа 1997 года*

М. Миллер

Светлой, но трудной памяти Вити Гапонова,
трагически погибшего 4 августа 1977 года, день в
день 20 лет назад.

Радио... Радио... Радио...

Я знаю людей, которые твердо уверены, что никогда ранее в истории нашей (нашей!) цивилизации не случалось такого изобретательского события, каким стало появление радио. А следовательно, такого массового проявления увлеченности духа, изощренности ума, вовлеченности таланта, а вместе с этим кривой зависти и прямой неприязни, а также многих, многих других человеческих возвышений и ниспадения, сконцентрированных на одном тематически обособленном «интеллектуальном пятячке». И, как следствие, столь многочисленных претендований на первооткрывательство. Следующий ему подобный ажиотаж возник полстолетия спустя – примерно в последней трети 20-го века. На сей раз речь шла о компьютерном нашествии, разбушевавшемся, конечно же, не без участия своих близких «радиопредков» и, вероятно, не менее влиятельным по социальным последствиям, если не более, а с учетом подстерегающей человечество экспоненты – еще более масштабным.

Далее для разгона придется слегка повториться. Если бы снова пришлось поизбахвливаться перед инопланетянами и мы бы исхитрились объяснить им, что такое есть радио, из чего его делают и почему ему воздают такие неослабевающие почести, несомненно мы испытали бы при этом невероятные педагогические трудности! Само собой разумеется, перед объяснением другим надо сперва попытаться разобраться самим. И очень бы нас озадачила увертливая тактика справочников. А ведь, казалось бы, все на свете должны знать словари. Будто бы все и будто бы должны. Вот один из них уверяет: «Радио – способ передачи информации на расстояние посредством *электромагнитных волн*»... Другой: «Передача текстовых или музыкальных программ»... Третий:

* © М. Миллер. Об изобретении радио ... и не только. Нижний Новгород: Изд-во ИПФ РАН, 1997. 56 с.

Окончание. Начало см. Изв. вузов. ПНД. 1999. Т. 7, № 1. С. 112.

«The term radio covers the radiation and detection of signals propagated through space as electromagnetic waves to convey information». И так далее, в том же духе... Нет, я не прав – иногда дух иной... В одном из нашенских б. советских руководств указано наотмашь – радио – это то, что было изобретено русским ученым А. С. Поповым... Прекрасная дефиниция, но боюсь – не для инопланетян! И даже не для всех землян! Заодно, попутно я позволил себе поразвлечься устными опросами, приставая к случайно попадавшимся мне под руку работникам умственного труда с «радио–так сказать–привязанностями», и многие отвечали недоуменным пожатием плеч, что на языке жестов означало: «радио есть радио, включил его – оно работает»..., то есть ту самую обогащаемую чувствами тавтологию, которую я поминал выше.

Самое интересное во всем этом «деле об изобретении радио», что, по–моему, его нет, этого дела, оно какое–то надуманное, оно как бы специально инспирировано (О, Господи! Всюду мерещатся происки!) для принижения роли Великих Идей и Великих Открытий. Попытаюсь убедить вас в этом. А что касается инопланетян, то не знаю, как с ними и поступить! Ибо «на нашем свете есть такое чудо, которое не снилось мудрецам оттуда!»

Природа умело распорядилась оптическими сигналами для передачи информации на расстояние. Вот смотрю на ваши лица и умею различать множество подробных выражений, передаваемых вами мне и мною усваиваемых. Передаваемых и усваиваемых, между прочим, посредством электромагнитных колебаний и волн! Люди так естественно «эксплуатируют» достижения естества, что часто совсем и не нуждаются в дотошных уразумениях подноготных причин! И зачем им знать (раньше положенного времени?!), что они сами внутри себя наполнены электромагнитными сигналами, разгуливающими вдоль нервных волокон. (До сих пор наука толком не разобралась, сколько в этом «бегущих химических реакций», а сколько «волн электрической поляризации»). Значит, даже наше понимание мира, как внутреннего, так и наружного, зиждется на все тех же, все на тех же электромагнитных колебаниях и волнах! Так что по мере продвижения в науках человечеству оставалось *понять* это! Сперва догадаться, а потом и понять!

Не буду утомлять вас историческими повторами. Сделаю лишь прыжковую пробежку по пред–фарадей–максвелловской эпохе электромагнетизма. Как вы наверняка знаете, с незапамятных времен люди шаг за шагом извлекали из Природы признаки поведения вещей и веществ, связанные с электричеством и магнетизмом. Эта стадия наблюдения длилась много–много веков. Попутно и совершенно отдельно изучалась оптика, причем оптические успехи выглядели продвинутое других: в основном из–за наличия отменных по своему совершенству измерительных устройств (глаза плюс мозговая обработка!). И вот так до 19–го века наши предки имели *независимые* знакомства с электричеством (первоначально чисто статическим), магнетизмом (тоже поначалу постоянным во времени) и оптикой (сперва лучевой, а потом и волновой). Пожалуй, самым знаменательным научным событием прошлого столетия следует считать объединение этих трех ранее разрозненно воспринимаемых явлений. В известном смысле самым–самым знаменательным и знаменитым научным событием!

Впрочем, выделение любого события в самые–какие–то–самые всегда отдает субъективностью. Попробуйте, например, составить тройку (или десятку) наиболее значимых (или знаменитых, что, вообще говоря, не одно и то же!) людей всей цивилизации, или только современности, или... хотя бы своего окружения... и вы испытаете растерянность, неуверенность и, главное, непонимание отличающих признаков. Даже массовые опросы подвержены коллективным переоценкам или недооценкам «избранных баловней судьбы», обусловленным группирующимися «стайными самовнушениями».

Любая наука стремится к экономному описанию своих владений. Дабы **никаких величин и причин не вводить без особой надобности.**

Этот призыв именной: его зовут «бритвой Оккама». (Жил–был такой средневековый монах. В те времена многие «мудрецы–созерцатели» изрекали

назидательные афоризмы в поисках окончательных научных истин, но большинство тех изречений потерялось потом в мутноватых потоках философской словесности, а вот пароль Оккама выжил, – значит, попал «в жилу» современных представлений об этой самой истине. И действительно, и в мелочах, и по-крупному мы стремимся к «обрезанию ненужного», к избавлению от невлияющих сопутствий и, в конечном счете, – к возможному *объединению* причин. А в особых удачах даже называем их *Великими Объединениями!*

Наверное, первым Великим Объединением люди обязаны Ньютону, давшему общее описание небесной и земной механики. А вторым – Максвеллу, который, опираясь на идеи Фарадея, создал единую электродинамику, охватывающую электричество, магнетизм и оптику.

Между прочим, первое официальное сообщение по этому поводу на заседании Королевского Общества (Royal Society) было сделано 27 октября 1864 года. Если бы мы возвысились в своем почитании круглых дат до чествования настоящих событий цивилизации, определивших ее проникновение в Тайны Природы, то не забыли бы в 1994 году справить 130-летие со дня рождения максвелловской электродинамики. Насколько я помню, столетний юбилей все же отмечался; во всяком случае на Радиофизическом факультете нашего Университета и причем достаточно восторженно и бурно.

Конечно, никакие Великие Открытия не происходят невзначай: у Максвелла были очень даже плодоносящие предшественники, имена которых вам, по-видимому, известны: в частности, Гильберт, Франклин, Вольта, Кулон, Кавендиш, Гальвани, Пуассон, Эрстед, Ампер, Био, Савар, Фарадей, Генри, Ом, Джоуль, Нейман, Вебер, У. Томпсон... (всех не перечислить, да и боязно власть в рейтинговую субъективность, о чем я только что говорил!), но именно Максвеллу выпала миссия Окончательного Слова: он написал уравнения (их потом назвали уравнениями Максвелла), которым подчинены электромагнитные поля, заряды и токи при любых изменениях во времени и в пространстве. (Ну, разумеется, придиричивая наука установила потом кое-какие границы применимости, но в наших житейских макромасштабах уравнения Максвелла перекрыли все рекорды по долгоживущей достоверности!)

Важнейшим провозглашением фарадеевско-максвелловской электродинамики было Его Величество Электромагнитное Поле! Оно могло существовать самостоятельно – в отрыве от своих источников – зарядов и токов, перемещаясь в виде электромагнитных волн с любыми временными и пространственными периодами (и соответствующими им частотами). Хорошо изученные ранее электростатику и магнитостатику стало возможным рассматривать теперь как пределы колебаний и волн с нулевыми частотами, область медленных изменений (называемую квазистатической или квазистационарной) можно было в принципе описывать, минуя поля, непосредственно через заряды и токи, но, начиная с некоторых частот, поля излучались, уносились в открытое, свободное пространство (*free space*) в виде совокупности плоских электромагнитных волн, распространяющихся (при отсутствии препятствий и сред) всегда с одной и той же предельной скоростью, равной скорости света в вакууме: $c = 3 \cdot 10^{10}$ см/с. Оптические волны соответствовали частотам, примерно равным $f \sim 10^{15}$ с⁻¹, и так далее... Даже сейчас, в нашу умственно преуспевающую эпоху, не установлено наличие верхнего предела для частот электромагнитных колебаний! Во всяком случае, нет полной уверенности в этом!

Я позволил себе пробежаться трусцой по этим известным электромагнитным событиям, чтобы иметь возможность вместе с вами еще и еще раз *испытать чувство потрясения «Открытием Породнения Чужаков!» ...Сближением разрозненностей! ...Природной общностью несходств! ...Попробуйте вжиться в наивное тогдашнее незнание, то есть притворно избавиться от своей забежавшей вперед образованности! И представить себе думанье тех времен... В разных проявлениях Природы выскакивают разные факты, кажущиеся совершенно чуждыми друг другу. И тут приходит некий «A Magic Traveler» и составляет из этих*

фактов единую Картину, наполненную Красотой и Смыслом! Нисколько не сомневаюсь – вы испытаете при этом чувство восторженного преклонения перед Ней и перед Ним. Кто-то когда-то меня учил, что интенсивность восторга(!), или удивления(!), или потрясения(!)... лучше всего оценивается числом вспыхнувших по телу нервических мурашек (как чувство страха – морозом по коже?!). Я склонен думать, что Великое Электромагнитное Объединение могло бы претендовать на установление рекорда по количеству и качеству мурашек восторженности!

Не могу удержаться от навязчивой аналогии. Один из не притворяющихся поэтов, сочинявший свои стихи прямо в пишущую машинку, совершенно искренне поражался, как это разбросанные по клавиатуре буквы, друг с другом ранее не знакомые, под воздействием божественного вдохновения (разумеется, его собственного!) собираются в созвучные и осмысленные слова и строки. Он был уверен, что стихи ниспосылаются ему с в ы ш е в виде сгустков незримых магических флюидов, а не просто придумываются переборами нейронных комбинаций внутри двухполушарного мозга, растревоженного и возбужденного какими-нибудь причудами. Платон был ему друг, а истина... дешевле!

Так и во всей Природе, наверное, разрозненные явления и факты должны бы связаться между собой, собираясь в единую цельность, подчиненную назначенным ей законам. Должны бы! Должны бы! Надо только терпеливо ждать пришествий Великих Магов, ниспосланных из неизвестности! А вдруг они не придут?!

Я умышленно – для обострения интриги и драматизации сценария – несколько утрирую ситуацию: в исторических продвижениях многое (но не все!) происходит постепеннее. Ведь всамделишные события протекают в реальном времени, а рассказывать о них невольно приходится в сжатии. И до Максвелла намечались подвижки к сближениям, а придуманные им уравнения не сразу и не всеми признавались окончательными и возносились в ранг законов мироздания. Решающее «за» было произнесено лишь после знаменитых опытов Герца (1888), в которых тот продемонстрировал существование и свойства электромагнитных волн. На языке современного ранжирования, в его опытах участвовали лишь волны метрового диапазона, что, однако, не играло особой роли; важен был сам факт подтверждения одного из главных выводов теории Максвелла – реальности электромагнитных волн вообще, любого диапазона – от квазистатики до сверхоптики! В пределах справедливости свежее открытых уравнений!

Такие опыты иногда называют «крестовыми», по латыни «experimentum crucis», этим словам есть несколько толкований; мне по душе такое: они ставят крест на всех сомнениях!

Наступает кульминация сюжета об открывательстве применения электромагнитных волн для целей связи. Итак, в оптическом диапазоне эти волны вошли в физиологический обиход со времен первых эволюционных шажков простейших тварей, а потом люди, выбравшись из недодумья, стали эксплуатировать их вовсю (жестовые общения, махания, мигания, сигнальные костры и т. п.). В 30-х же годах прошлого столетия появилось уже «надприродное изобретение» – телеграфно-проводная связь: замыкание и размыкание цепи тока на одном ее конце инициировали отклики на другом. (И почти сразу же придумался трехбуквенный алфавитный код – азбука Морзе). К 80-м годам этот способ достиг *по* уровням (будто бы *по*, а не *вдоль!*) в сущности такая же волновая (!) связь, как и оптическая, но только длина электромагнитных волн, возбуждаемых в проводных цепях, значительно превышает (обычно, но, впрочем, не всегда) длину пути связи. Знатоки физики тех времен, строго говоря, не совсем правильно толковали этот процесс. Считалось, что энергия переносится зарядами и токами *по* металлу, а на самом деле (ох уж эти «на самом деле»!) после прихода правильной электродинамики (и вдумчивого ее применения) оказалось, что все энергетические потоки текут *с н а р у ж и*, а не *внутри* проводников, то есть там и только там, где электрические и магнитные поля отличны от нуля! А внутри

хорошо проводящих сред они, увы, практически как раз и не проникают! Провода же нужны (да и тоже не всегда!) для посылки электромагнитных полей в желаемом направлении.

Попутно (то есть в порядке очередного свингового отклонения) возникает интереснейший социально-этический вопрос: может ли неправильное понимание препятствовать признанию факта. Почти очевидно – нет! не может! История науки (да и не только науки!) изобилует заблуждениями в интерпретациях фактов; часто предыдущая модель какого-нибудь явления потом оказывается лишь примитивным приближением к последующей... Факты Природы вообще не зависят от того, что про них думают Создания той же самой Природы, даже если последние претендуют на должности Царей создавшей их Природы!

И вообще никакие ложные посылы, приводящие к непреложным результатам, не могут отменить действительности этих результатов!

Это высокопарное утверждение имеет, возможно, большую значимость, чем она в нем проглядывается. Здесь чувствуется мое веселое расположение духа, и поэтому при вольном распоряжении лекционным временем я, пожалуй, мог бы рассказать о многих достоверных достижениях человеческого ума, порожденных «заворотными» идеями! Да вы и без моей помощи можете (небось!) забросать друг друга впечатляющими примерами – не только из всеобщей истории, но даже из вашей частной повседневности!

Итак, итак, итак, к 90-м годам прошлого века сложилась такая картина. Стало ясно, что Природа наша изобильно наполнена электромагнитными волнами. Как естественными, так и рукотворными. В зависимости от частоты колебаний они перекрывают диапазон длин волн от многокилометровых до мало-мальски-суб-суб-миллиметровых ($\sim 10^{-5}$ см). На краях этого обширного диапазона электромагнитные волны использовались уже давно и отменно для целей внешней и внутренней связи (плюс сопутствующие функции – управление, разведывание, диагностика...). Освоение же центральной части диапазона заметно отставало от «спектральной периферии»: прежде всего из-за отсутствия технически совершенных устройств возбуждения (генерации) излучения, приема и детектирования сигналов, хотя принципиальные «образцы» (позже их научились именовать «действующими макетами установок») были загодя предъявлены Герцем. Математики в таких случаях любят говорить: доказана теорема существования, существования того самого, что вскоре будет кем-то обозначено сверкающим термином «радио» (к сожалению, я не откопал в литературе, кому первому пришло в голову такое всеязычно удачное слово!).

А ведь это непростое дело – придумывать хорошо звучащие имена! Иногда самоуверенные «именователи» новорожденных изделий (или еще чего-нибудь новорожденного!) попадают впросак, как это произошло однажды с русскими «Жигулями», если вдруг на каком-нибудь из ведущих (ООНовских, например) языков «вляпываются» в слова, не имеющие, мягко говоря, «товарного вида»! «Жигуль» для французов звучит как альфонс, а кто захочет ездить с таким прозвищем! Кстати, и я проморгал ехидную двусмысленность, бездумно назвав вот эту свою лекцию свингоподобной... и только потом, уже при оформлении текста, узнал, что в американском сленге swiinger'ами называют участников двухпарного секса! О, Господи! Прости нас за некоторые наши «склонности к извращениям»!

Причем была не только доказана общая теорема существования, но и подсказаны принципы осуществления конкретных решений. И вот на таком-то почти на всем готовеньком начался пресловутый бум «изобретательства радио», который правильнее было бы назвать бумом физического и технического освоения новых диапазонов электромагнитных колебаний и волн!

Особенности национальной охоты

Вот тут-то и пошло-поехало азартное состязание пусть не по олимпийскому, но все же по всемирно признаваемому виду спорта – по научно-техническому изобретательству на заданную тему. Очень даже азартное и, как непременно бывает в любом международном соревновании, очень даже национально «озабоченное».

Патриотическое ослепление людей, возможно, закладывается еще в начале формирования личности: нам ближе и понятнее тот мир (или мирок), в котором мы с момента рождения (или с зарождения?) приступаем к обитанию, а посему все, с ним связанное, кажется роднее и – что совсем удивительно – справедливей (!) того же самого «всего», но из других пенатов, так сказать, другого принадлежности. Столь загадочная «логика любви к своим племенам» распространяется вишь и вглубь, – от спортивного «фанатения» до религиозного исступления и сохраняется даже, когда эти племена перенаполнены наймитами со стороны!

Помимо этого, почти у каждого индивида существует еще и неукротимое стремление к личному первенствованию; природа этого пристрастия, видимо, легче поддается разгадке. В частности, некоторые ученые мужи считают, что его инициатива таится в генетических программах почти всех гетеросексуалов... Дабы в результате предсвадебных поединков только отборные победители (самцы, в общем-то) получали право на потомство... Впоследствии, однако, «к делу подключился интеллект», и особи любого уровня совершенства натренировались «обогащать» эту самую целевую физиологию... ритуальными наслаждениями, так что многие такого рода «радости жизни» ушли в независимость от своего чисто физиологического прошлого, подобно тому, как, простите, любовное вдохновение научилось поддерживать себя высококачественными гормонами, даже при полном отстранении тела от инстинкта воспроизводства! И самцовая состязательность перекинулась на все иные виды преуспевания... Здесь самое время развернуть бы аналогичные тирады про эволюцию способов соперничества среди самок, но я просто испугался утопания в соблазнительных подробностях. Да и вообще, я поделился с вами этими забавными «теориями», скорее всего, чтобы показать, какие встречаются неожиданные придумки, интересные сами по себе, то есть даже при неполном доверии к ним!

Но вернемся к фактическому стремлению людей первенствовать, как к завершенному свойству. В истории науки (да и не только науки!) встречается множество одновременных уведомлений о совпадающих результатах, полученных независимо. Независимо в том смысле, что авторы не были знакомы с конкурирующими мыслями (или текстами, или установками, или т. п.) друг друга. Однако, как правило, знали многие (а иногда почти все) предшествующие достижения и свои, и чужие, то есть стартовали примерно с одних и тех же рубежей, отталкиваясь от одних и тех же пред-идей, а значит, все-таки были зависимы через некую общую подводящую их к этим новым достижениям предысторию. Но строгое людское судейство засчитывает приоритет только того, кто оказался первым на финише хоть на йотинку!

Такое придумано правило игры! Воистину спортивно-подобное! Известно, что даже легкоатлеты-марафонцы, пробежавшие свои 42 с чем-то километра, но отставшие на финише от победителя на какой-нибудь жалкий сантиметрик, лишаются чемпионской славы (и многих последующих за ней благ), а ведь долевая разница в результатах скатывается аж до $\sim 2 \cdot 10^{-7}$ (!), то есть пребывает с большим запасом за пределами человеческого восприятия! Это похоже на дурь! Ибо выделяет лотерейного удачника, а не мастера достижений, а потому настраивает толпу на узаконенную несправедливость. Может быть, кому-то покажется сей факт пустяковинкой, невинной слабинкой человеческой братии, но мне – нет!

Я уверен, такое назначенное отделение чемпиона от не чемпиона настраивает всю человеческую психику на фатальную подчиненность флуктуациям, и этот феномен отнюдь не замыкается на отдельном эпизоде спортивной удачи-неудачи, а въедается практически во все области человеческого измерения! Какой же выход? Да никак его! В принципе можно было бы установить «физиологический интервал одинаковости», но, во-первых, такая честность была бы скучна, а есть еще и во-вторых, в-третьих и далее... Оставляю их на ваше растерзание...

И все-таки я не случайно, хотя и временно, повернул свои рассуждения на спорт – там все это выглядит как-то нагляднее и не так прискорбно, да и к тому же не всякий раз непоправимо безнадежно («сегодня ты, а завтра, может быть, и я!»); совсем иначе в изобретательстве, где иногда случайная везучесть поощряется непоправимой «исторической незабвенностью»; это порой вышибает обойденных неудачников из нормальной колеи и уводит умных и творчески одаренных людей в несвойственные их божественному предназначению дрязги! Не зря же один из «классиков мысли», вдумывавшийся в эти трудные приоритетные несправедливости, изрек такую непреходящую фразу: «Первый тот, кто убедительно первый!»

Я уже столь наотклонялся от магистральной линии повествования, что самое время на нее вернуться.

Итак, ажиотаж изобретательства начался примерно с 1888 года. С года провозглашения Герцем искусственно изготовляемых, рукотворных электромагнитных волн. Встрепенулись почти все, чья образованность или понятливость позволяли оценить значимость События. И как это нередко встречается, было их три категории, этих встрепенувшихся. Первых я называю «прозевывателями» (или позаковыристей – «ретро-открывателями»). Вторых – «усовершенствователями», а третьих – «провидцами» или «забегателями вперед»...

Узнав про опыты Герца, представители первой категории вдруг вспомнили, что в свое время тоже натыкались на нечто подобное, но не придали этому значения. Смалодушничили сами по себе или под убойным обстрелом агрессивно закостенелых экспертов. Отмечу, приличия ради, лишь двух невезучих американцев (правда, часто невезение есть продукт неверия в удачу или – что еще хуже – плод непонимания таковой!). Один назывался профессором Е. Томсоном (это был не У. Томсон – известный широким массам по именной формуле для частоты колебательного контура, и даже не Дж. Дж. Томсон, первооткрыватель электрона, – то было, так сказать, просто Томсон). Лет за десять до опытов Герца, демонстрируя на лекции индукционно-разрядные эффекты, он обнаружил, что подносимый к металлам в разных уголках аудитории графитовый карандашик всю искрит, но его, увы, не посетила догадка, что все контролируемое пространство наполнено электромагнитными волнами, излученными разрядником. Он стал жертвой невнимания к неожиданностям.

История науки знает много случайных, как бы с неба свалившихся удач, однако никому не ведомо, сколько же наслучалось в ней «прохождений мимо», часто из-за ленивой нелюбопытности «свидетелей происшествий» плюс неверия в судьбовую звезду...

Между прочим, как-то еще в 80-х годах два моих друга по работе и по жизни (назову их полуанонимно – АА и МП) предложили сделать шутиливо-серьезный обзор на тему «Около каких великих открытий мы были рядом, но не смогли вовремя отдать им должное!» Почти сразу же пришлось отступить от этой затеи. Оказалось, в пределах нашей профессиональной досягаемости мы фактически сблизались почти со всеми «эпохальными идеями», пребывая от них на расстоянии догадки, доступной нашим умственным возможностям! Так что в качестве эпиграфа могла бы красоваться пошловатенькая надпись, заимствованная из любовных подарочных картинок времен нерешительной юности нашей: «На память о том, чего не было, но могло бы быть!»

А вот другой пример «отверженца». Американский физик Юз (Hughes) еще в 1878 году придумал чувствительный детектор на плохих металл-металл-контактах

(предваритель будущего когерера, переизобретенного в 1891 году французом Эдуардом Бранли!), и с его помощью засек интерференцию электромагнитных волн. Но его результаты были отвергнуты знатоками, а к ним, кстати, принадлежал даже знаменитый Стокс. Отвергнуты за неубедительностью «улик». Пришлось Юзу отступить. А потом–потом, когда его работа реабилитировалась, никто из экспертов так и не покаялся в содеянном ими отлупе. Наверное, все–таки «юзовы роды» оказались преждевременными, а вынашивать недоноска не хватило ему ни умения, ни смелости!*

Зачинщиками своевременного «штурма совершенствования» можно считать англичанина Оливера Лоджа и упомянутого выше француза Бранли (1890–1892). Они повторили и продвинули опыты Герца и, главное, благодаря улучшению качества детекторов, снизили уровень скептицизма (исходившего, между прочим, от самого Герца!) в применении электромагнитных волн (коротко– и средневолнового диапазона!!!) для целей беспроводной дальней связи (относительно ближней связи или проводной связи на любые расстояния сомнения давно уже к тому времени сменились подтверждениями!). Примерно тогда же (1892) была провозглашена знаменитая программа Крукса, программа развития всдиапазонных радиокommunikаций, затрагивающая даже проблемы перехвата информации недружественными «любопытателями». Меня всегда и во всем удивляет зигзажность творческих порывов – еще, бывает, не доделано многое рутинное, а уже непременно находятся «провидцы третьей категории», раскрывающие секреты завтрашнего дня... И ведь почти без промаха!

С позиций «взглядов из конца 20–го» поначалу все изобретатели отталкивались от первородной установки Герца, поэлементно ее совершенствуя (поэтому так и хочется назвать их «до!изобретателями!»). Герц применил в качестве генератора газовый разрядник, включенный в разрыв металлического излучателя, – два уса с шарами на концах, впоследствии названные диполем Герца. «Улучшатели» ввели более эффективный трехэлектродный разрядник (Риги, 1894), или динамку с трансформатором (Тесла, 1893), или обнаружили и использовали естественное излучение грозных облаков (Попов, 1895)... Примерно такие же усовершенствования ввели и в излучатели: удлинители проволочную часть, заземлили один ус, испробовав различные их конфигурации (Попов, 1894–1896; Маркони, 1896; Браун, 1899). Эти проволочные рей, по латыни *антенны*, передали потом свое имя излучателям любых разновидностей – зеркалам, рупорам, щелям и т. п.

И как–то непроницаемо, как само собой очевидное, было установлено свойство эквивалентности (равнодейственности) передающих и приемных антенн – впоследствии названное теоремой взаимности; при определенных условиях (линейные связи полей!) оно могло быть получено непосредственно из уравнений Максвелла...

В этом месте хорошо бы поставить предупреждающий знак: «Внимание! Мысль!»... И мысль такая... взлетающая в поднебесье!!!

Я убежденно склонен думать, что именно линейность полей и основанный на ней принцип суперпозиции, то есть возможность их сложения и вычитания по алгебраическим или векторным правилам – именно это свойство позволило Главному Конструктору Природы сотворить мысленно, в любом его варианте – живом или компьютерном. Однако, сами понимаете, такое утверждение настолько ответственно, что лучше его отставить до лучших времен, и для вас – лучших, и для меня – не худших!

* Как можно заметить, эта лекция не удовлетворяет обязательному признаку исторического описания, – в ней отсутствуют отсылки к источникам заимствованных сведений. Это сделано осмысленно, чтобы не отвлекать внимания от общей картины оглядками по сторонам. Но здесь я готов сделать исключение. Еще в препринтовом издании Д.И. Трубецков указал мне на статью Дж.П. Рыбака и Л.Н. Крыжановского «Дэвид Эдуард Юз и открытие радиоволн» (Электросвязь, № 9, 1994), освещающую изобретательскую одиссею Юза, в чем–то опередившего даже самого Герца).

Но, пожалуй, основному совершенствованию подвергся детектор – вместо слабочувствительного разрядника, применявшегося Герцем, теперь пошел в ход когерер Юза – Бранли; в нем смесь опилок под действием электрического поля сплалась (поляризованные полем опилки притягиваются), а при отсутствии поля разлипалась (особенно если вдобавок эту смесь еще механически встряхивать). В результате проводимость опилочной смеси изменялась и появлялся детектированный (выпрямленный) ток, пропорциональный принимаемому электрическому полю.

Возможно, я несколько утяжелил лекцию, так сказать, внешкольными техническими подробностями, да к тому же все равно не смог достичь беспропускной полноты картины. Но мне это было крайне необходимо самому. Приходится, бывает, осознанно отрываться от аудитории, временно утрачивая доходчивость ради поддержания собственного тонуса... И не только на лекции, но и в некоторых эпизодах обывденной жизни тоже.

После всех этих «радионововедений» (а новое в данном случае действительно было чутьчку подзабытым старым!) началась «гонка на расстояния». Кто передаст информацию дальше и внятнее! ...Из точки А в точку Б... и обратно!.. Вперед выходил то один, то другой, но в конце концов с большим запасом оторвался от соперников итальянский инженер Г. Маркони (Guglielmo Marconi), вовремя перекочевавший из Италии в Англию и основавший там (тоже вовремя!) первоклассную фирму, отчасти процветающую и поныне. Поначалу он вроде бы ничего и не придумывал своего, зато отлично соединил известное ему не свое. Удачно соединил, системно соединил и, главное, довел до патентной убедительности! А потом и сам творчески развернулся и изобретал множество отличительных и продвигающих радиодело «всяких всячин». Изобретал и наизготавливал. Он умел все, доступное его пониманию, воплощать в устройства, доступные пониманию и пользованию другими!

Итак, взгляните на состав участников состязаний, кого только там не было – англичане, французы, итальянцы, немцы, американцы, русские... допускаю, что еще кого-нибудь не вставил по незнанию. Поистине интернациональная команда, как теперь сказали бы, – «G e a m T e a m»! И не зря же почти каждая страна из числа здесь представленных чувствует своих собственных победителей! Англичане – Лоджа, мы – Попова, немцы – Брауна, итальянцы (и многие другие) – Маркони. Почему – то это напоминает мне растаскивание славы победителей по окончании Второй Мировой Войны, правда, по несколько иному контингенту участников. А ведь так хочется отвлечься от особенностей национальной охоты и провозгласить эту победу как командную! Победу себя над собой! Человечества над человечеством! Не над Природой же?! С обязательным включением в эту команду Фарадея, Максвелла, Герца (открывателя электромагнитных волн), а может, еще и Дж. Генри (открывателя электромагнитных колебаний, 1840), а может, еще, и еще, и еще кого-то. Например, в 1789 году Гальвани ухитрился излучить электромагнитный сигнал разрядником и принять его на отодвинутую ножку лягушки. (Этот «биодетектор» был перепроверен в конце прошлого века и выдавал нервные дерги даже с расстояния в несколько сот метров от излучателя, размещенного на Эйфелевой башне, Лефевр 1897). Да и кроме того, разве сигнал «да-ноль-нет», посланный на несколько метров, не был предпродственником цуга сигналов морзянки, переданных чуть позже на сотни метров (Попов и др.), или даже сотни километров (Маркони и др.), не говоря уже о предпреедках, в частности, об освоенной, но недопонятой в свое время проводной телеграфии!.. Редкий случай, когда установление о т ц о в с т в а оказалось более доступно, чем установление ... м а т е р и н с т в а!!!

Так – то вот, на мой взгляд, обстоит дело с так называемым изобретением радио!

Однако углубляясь в радиоизобретательство, я рассчитывал поделиться с вами не только этим. Мне хотелось **заронить в вас проблему**, проблему соотношения между личными, национальными и общечеловеческими м о р а л я м и! Невраждебного их соединения между собой! Проблема эта

настоящая, в том смысле, что она не может иметь ответа, окончательного и общего, и каждое свежее продвижение в ней и вдумывание в нее порождает новые и новые переплетения, разветвленности и неразрешимости...

Мытарства профессора Попова

И тут настало время сказать несколько слов о русском профессоре А. С. Попове, ибо во всей той изобретательской кутерьме его судьба заслуживает отдельных отметин. И не только потому, что он наш соотечественник, хотя и это тоже, разумеется, немаловажно (кто же, если не свой, выскажется о нем с проникновенным пониманием), но и в силу наполненности его жизни многими поучительными характеристиками – и его самого, и доставшейся ему эпохи; более того, даже его посмертное прохождение по истории тоже оказалось примечательным, но, скорее уже, для самой истории.

До 1945 года у нас в стране не было особого ажиотажа по части отстаивания приоритетов на русское первенство в достижениях инженерии, наук и искусств. Во всяком случае так мне кажется. Царская Россия не могла угнаться за западным развитием, и, если быть честным, она поставляла мировой цивилизации, в основном, лишь интеллектуальных одиночек, профессионализация которых в принципе происходила почти независимо от жизни страны, плетущейся где-то позади как в общекультурном, так и в технологическом плане. Большевистское правление произвело в этом деле не поддающийся нормальному разумению переворот. С одной стороны, оно выдавило в эмиграцию многих выдающихся творцов (да кое-кого из оставшихся подвергала смертоносным преследованиям), не веря, согласно невежественной марксистской концепции, в необходимость бережного сохранения генофонда страны и ее народов («кто был ничем, тот станет всем»!.. и чем «ничемее», тем «всемерее»!.. Тогда уж воистину – «да будут последние первыми!»), а с другой, круто повернув весь уклад жизни на военизированную подготовку к мировой революции, оно с бешеной энергией развивало все, работающее на войну, включая науку, технику, искусство и даже общую образованность (без чего нельзя было рассчитывать на массовую «готовность к труду и обороне»). В результате возникла парадоксальная ситуация. Страна, побуждаемая гордиться своими свежими успехами (в доказательство преимуществ «соц» перед «кап»), одновременно ограничила себя в правах безоглядного почитания дореволюционной истории, дозволяя прославлять лишь тех «героев прошлого», которые были назначены властями из неподвластных беспартийному уму соображений (социально ориентированная выборочность!).

И вдруг после Второй Мировой Войны (перед Первой Мировой Холодной Войной) все изменилось. Партия и Правительство, еще более решительно развернув пропаганду преимуществ социалистического образа жизни пред капиталистическим, начали снимать ограничения на признание ранее неудобной интеллигенции прежних времен и ввели к тому же (в духе так называемой *врательной правдивости*) тезис о врожденной национальной исключительности нашего многонационального народа. Эта «национальная идея», взамен предыдущей «интернациональной», была заимствована (думаю, что так) у почившего в небытие (будто бы?) ведомства Геббельса. А тут как раз кстати подоспело 50-летие с момента первого сообщения А. С. Попова о передаче первого радиосообщения (первое сообщение о первом сообщении!..). Власть (сводившаяся тогда к Верховному Властителю, «единому и неделимому») решила отпраздновать это круглолетие широко и помпезно с приглашением видных ученых зарубежных. Хотя те, как известно, почти все радиооткрытия и развития числили за Маркони и даже Нобелевскую премию по этой части присудили именно ему в паре с немецким физиком Брауном.

Правда, к тому моменту (1909) наш Попов, увы, уже умер, а «нобелевка» дается только прижизненно, но, честно говоря, у меня нет уверенности, что

Попова премировали бы даже при дожитии до этого срока, – они там, на Западе, традиционно слеповаты в восточном направлении.

Сейчас, вспоминая то, назначенное сверху мероприятие по всенародному ликованию в честь изобретения радио А. С. Поповым, я проникаюсь мыслью, что именно с этого началась безудержная кампания самовосхваления всего (!) нашего (!) и провозглашения непременно (!) нашего (!!) «первооткрывательства по всем статьям и статьям». Например, уравнения Максвелла были бодренько переименованы в уравнения Аркадьева – Максвелла (с расположением фамилий по алфавиту, как это принято, заметьте, в приличных обществах!). В народе то «движение» окрестили девизом: «Россия – родина слонов!» (даже не мамонтов, заметьте, а слонов!). Вредоносность подобных «национальных потех» очевидна: «Единожды солгавши, да кто тебе поверит!» В результате люди перестали почитать истинных своих «передовиков», и заслуги Попова, в частности, были незаслуженно принижены их непомерным вознесением: известный в психологии феномен, который я называю «недоверием из-за передозировки внушения» (наверное, существует и более точный термин, но я его подзабыл, а такая расшифровка отлично воспринимается жертвами осточертевших телерекламных повторов).

А. С. Попов родился 4 (16) марта 1859 года в семье священника в рабочем посёлке на Урале. По генетике и воспитанию (даже по фамильному прозвищу!) он должен был посвятить себя служению Богу. И действительно, сначала окончил Екатеринбургское духовное училище, а потом поступил учиться в Пермскую семинарию. Но примерно в 18 лет неожиданно круто изменил напугствиям предков (да, пожалуй, и своей наследственности тоже), предавшись чисто мирским занятиям – физике и математике. Слава Богу, родители этому повороту не воспрепятствовали. В 1877 году А. С. Попов поступил в Петербургский университет и через 6 лет его успешно закончил. Однако при университете не остался, а пошел на преподавательскую работу в Минную школу и в Минный офицерский класс в Кронштадте; хорошо оснащенная лаборатория там позволила ему заодно с преподаванием еще и развернуться в научных исследованиях по электротехнике.

С работами Герца А. С. Попов ознакомился уже в 1889 году на демонстрациях университетского профессора Н. Г. Егорова – еле светящаяся в крошечной темноте приемная искра, видимо, поощрила его изобретательский пыл, и он фактически все свое творческое терпение направил на совершенствование системы приема герцевых волн: удлинил усы диполя и снабдил когерер Юза – Бранли удачными встряхивающими приспособлениями. Его первая публикация была посвящена именно проблеме приема и детектирования электромагнитных колебаний. Она так и называлась: «Об отношении металлических порошков к электрическим колебаниям». Собственно говоря, это была даже не публикация, а запротоколенный доклад на заседании Физического отделения Русско-химического общества, сделанный А. С. Поповым 25 апреля 1895 года (старого летоисчисления). Именно эту дату решено было справлять в нашей стране как День Радио. Сам Попов относился к своему докладу менее провозгласительно и более сдержанно. В протоколе зафиксировано: «Исходя из опытов Бранли, докладчик исследовал резкие изменения в сопротивлении, испытываемые металлическими порошками в поле электрических колебаний...». Существенно улучшенная приемная установка позволяла Попову увеличить расстояние передач информативных сообщений до нескольких сот метров (а потом и далее), а также обнаружить радиоизлучение гроз. Тут-то он первенствовал в гордом одиночестве, и это свое первое детище поясняяще точно назвал грозоотметчиком.

Вне всяких сомнений, А. С. Попов являлся равноправным членом той непревзойденной, но, к сожалению, не очень сыгранной команды, о которой говорилось выше. Однако по своему характеру (возможно, наследственному) он был человеком (и профессором!) романтического склада; в силу этого зачастую ограничивался доверительными сообщениями о своих успехах и практически

ничего не патентовал: свое первое патентование по радиодеталям он произвел лишь в 1899 году, не более чем на телефонный приемник для депеш, то есть когда многочисленная орава конкурентов и завистников приступила уже вовсю к развертыванию радиопромышленности.

Последние годы жизни А. С. Попов с отчаянным остервенением пытался обратить внимание начальства и научного сообщества на свой вклад в зарождение радиосвязи, но слабость официальной документации делала эти попытки донкихотствующими – люди, как правило, теряют благородство, чуя запахи богатств, да еще таких огромных, да еще таких приумножающихся, да еще свалившихся им по наследству от знатных предков, накопивших эти богатства в почти бескорыстной преданности научному изыскательству. Возможно, что и умер – то А. С. Попов от стресса беспомощности, инициировавшего мозговой удар после очередной бурной беседы с «военно-морскими силами». Умер 46 лет от роду, в конце 1905 года, когда наши славные (воистину!) эскадры были разметаны в Цусимском проливе фактически при полном отсутствии командной координации на радиочастотах.

Изобретательские мытарства профессора Попова в значительной мере обусловлены его принадлежанием к военному ведомству. И ранее в России (а уж после революции тем паче!) значительная доля прикладных научных исследований проводилась на военную потребу. В этом было и определенное преимущество: возможность дисциплинированной мобилизации усилий и ресурсов для решения проблем с априорно понятными конечными целями. Однако в таком способе «изготовления наук» таится и очевидная противостоительность. Истинный научный поиск – рыскание по неизвестностям,ощираемое внутренними побуждениями, включающими наслаждения красотой и совершенством открываемых законов мироздания. Приказное управление поисковым творчеством почти всегда нелепо, ибо оно насаждает насильственный прагматизм думанья. Вдобавок с ним связано скрытничество, секретничество, перестраховочность, трусоватость, а потому приверженность к апробированным решениям и противление рискованным вылазкам в негарантированные успехами новшества.

И хотя А. С. Попов проводил свои эксперименты в открытую, но все же под неусыпным контролем военно-морского начальства, обладавшего врожденным рвением «стращать и не пущать» и одновременно «боязнями прозева» какой-нибудь невидальи, заимевшей у предполагаемого противника. Так что деятельность Попова в Кронштадте взяла в канцелярской канители, в бумажной возне, в запросах на дозволения, в поисках аргументов, излагаемых в форме, доступной вышестоящему уму... и т. д. В результате решающее признание в военно-морском окружении опыта Попова получили только после того, как с легкой и предприимчивой руки Маркони радиотелеграфия пошла гулять по всему старому и новому свету в хорошо запатентованном и промышленно воплощенном виде. Парадоксально, но факт – именно Попову это самое «непущательное начальство» несколько лет спустя поручило закупать в Германии радиооборудование для флотских надобностей. Немцы и французы смогли во многом преуспеть, посылаясь на работы нашего родного Попова, вовремя отвергли действие патентов Маркони на подвластных им территориях. Возымело место чисто деловое признание заслуг Попова! Вот какие страсти и хитрости порождаются людьми при эксплуатации бесхитростных тайн Природы!

Но прежде чем расстаться с этой грустноватой историей, я хочу направить ваше внимание еще на одну особенность профессора А. С. Попова. Как я уже говорил, он появился на Свет Божий из духовного сословия, и его первые, детские, важнейшие для формирования взрослого мышления представления о смысле выстраивались под наставлением «законов чувств и вер», то есть с преобладанием образности над логикой, а значит, с преимущественнымощирением развития п р а в о г о мозгового полушария. И только в уже заканчивающемся процессе взросления его организм приступил к профессиональной тренировке и освоению л е в о -полушарных нейронных

сетей. Я называю этот путь умственного воспитания *ломаносовским*, хотя, по-видимому, он просто естественен, – допускаю, что люди еще с древних докроманьонских времен тянулись в своем развитии «справа налево» – от образности к логике (с точностью до неизбежных исключений, разумеется).

Очень было бы любопытно каждому из вас задуматься над собой и прикинуть, каким путем вы следуете в своем умственном продвижении. Но если даже и не разберетесь в этом, нет основания для беспокойства – ваши организмы сотворят свои очередные чудеса оптимизации, так сказать, и без вашей помощи.

Концовка

Итак, я заканчиваю эту многоплановую лекцию, исполненную в манере джазового свинга. Теперь, на ее исходе вы можете оценить название «Об изобретении радио ... и не только». В ней столько было этого самого «не только», что мне захотелось собрать всех их в кучку, без подробностей – в виде набора ключевых оборотов. Для обоюдной пользы – вам и делу... Такой способ резюмирования должен, по моему замыслу, способствовать оживлению оперативной памяти и получению целостного впечатления.

Вот она – моя лекционная «ключевка». Манера свинга... Предыдущие «талалужки»... Различные тактики думанья... Задачи на предсказания, на сходства, на свойства... Лево-правость в природе и в мышлении... Лекторы-педанты и лекторы-безалаберники... Их меловые характеристики... Юбилей по круглым датам... Десятичная система, высосанная из пальцев или из законов сохранения?... Привет инопланетянам... Величие и отличие 20-го века... Планета Земля стала излучателем радиоволн... Праздник нового тысячелетия – 1-го января нулевого года или 1-го января первого года?... Гонка открытий в конце 19-го века: электрон, фотон, радио, рентген, радиоактивность... Акустические и оптические средства связи в Природе... Бритва Оккама... Великое максвелловское объединение... *Ex regimento crucis* Герца... Проволочная телеграфия – тоже ведь с помощью волн... Юридические права на мысль... Ложные посылы и непреложные результаты... Кодексы изобретательства у нас и у них... Запреты на негуманные достижения... Человеческий фактор в законодательствах... Творцы и дельцы... Неудачное слово «жигули» и удачное слово «радио»... Как трудно быть одиночно первым... И как нетрудно прозевать удачу... Гонка изобретателей радио... Герц, Юз, Бранли, Лодж, Крукс, Тесла, Попов, Маркони, Браун... Особенности национальной охоты... Россия – родина слонов... Науки военные и науки гражданские... Мытарства профессора Попова ... Оценка удивлений числом мурашек!..

Я слегка изменял последовательность и, в частности, вынес упоминание о «мурашках удивления» в самый конец. В самый конец концовки. И вот почему. В 1832 (!) году Фарадей написал письмо в Royal Society с просьбой вскрыть конверт и ознакомиться с его содержанием через столетие. В этом письме он фактически (в терминах и понятиях тех времен) сообщал человечеству о единстве всего электромагнетизма – от статики до оптики. О единой природе всех электрических и магнитных явлений. О существовании электромагнитных волн, распространяющихся с конечной скоростью. В его голове вообразилась правильная картина электромагнитного мира задолго до того, как она была нарисована и математически обоснована Максвеллом. У него был свой язык общения с Природой, недоступный людям общепринятого ума. Поэтому он поостерегся делиться со своими современниками этим забсжавшим вперед пониманием Электромагнитных Явлений Мироздания, дабы избавиться от незаслуженных сочувствий... Мне думается, он со свойственной ему практической пронизательностью, возможно, даже умел («сквозь магический кристалл!») подглядеть и наши «радиодали»... Когда я впервые прочитал его письмо, мое тело покрылось мурашками восторга и преклонения. Какое счастье, что человечество способно выращивать пророков в своих рядах, не прибегая к

сверхъестественностям! Так что на прощание примите такое мое пожеланье: на всякий случай уважайте странности ближних своих.. на всякий случай... на всякий случай... на всякий случай.

Спасибо всем за внимание, а если вдобавок и за понимание, то тем более спасибо!

SCHOOL ON THE INVENTION OF RADIO ...AND SOMETHING ELSE

**Introductory lecture at the Summer Physical and Mathematical School
held in Green Town on August 4, 1997**

M. Miller

This lecture was delivered at the Summer Physical and Mathematical School in the Green Town (the neighbourhood of Nizhny Novgorod) on August 4, 1997. Its performance reminded a jazz style similar to swing music. The leit-motiv (the leading theme concerning invention and noninvention of radio) is accomplished with various improvisations – from diagnostics of peculiarities of natural or artificial thinking... up to some oddities of people customs. The problem of priority of an invention in the case of radio has a trivial solution (according to the author's opinion). Those were Faraday, Maxwell and Hertz who proclaimed the community of the whole electromagnetism (from statics to optics). So the following skilled scientists and engineers invented not more than technical methods and means of breaking-in intermediate frequencies. Therefore a plenty of claimants appeared to be «primary discoverers» (of wireless communication by means of electromagnetic waves). Thus a rare case takes place: in which it is simpler to establish «fatherhood» than «motherhood».



Миллер Михаил Адольфович родился 3 мая 1924 года в Нижнем Новгороде. Во время войны (1942) служил в рядах Красной Армии. Окончил радиофизический факультет Горьковского университета (1949). Некоторое время работал в промышленности, затем поступил в аспирантуру Горьковского университета к профессору М.Т. Греховой. Своим учителем считает также М.Л. Левина. Защитил кандидатскую диссертацию по поверхностным электромагнитным волнам (1953), затем докторскую диссертацию по взаимодействию заряженных частиц с высокочастотными электромагнитными полями (1960). Долго время читал лекции в Горьковском университете. В настоящее время работает главным научным сотрудником Института прикладной физики РАН в Нижнем Новгороде. Заслуженный Соросовский профессор.

Каждая из областей физики -
оптика, механика, акустика -
говорят на своем "националь-
ном" языке. Но есть "интер-
национальный" язык, и это
язык теории колебаний.

Л. И. Мандельштам

