

ИСТОРИЯ РАДИОФИЗИКИ – ВАЖНЕЙШЕЕ НАПРАВЛЕНИЕ В ИСТОРИИ ФИЗИКИ

Аннотация. Рассказано о научном, техническом и гуманитарном потенциалах современной физики на примере одного из ее магистральных направлений – радиофизики. Определены предмет, цели и методы истории радиофизики, разработаны подходы к ее изучению, приведена периодизация этой науки. Обсуждены основные компоненты интегративной модели изучения истории радиофизики, которые можно использовать при рассмотрении истории развития других разделов современной фундаментальной науки.

Ключевые слова: современная физика, история радиофизики, интегративная модель, Нобелевские премии, научные школы в радиофизике.

Abstract. The article reads about scientific, technical and humanitarian potentials of modern physics by the example of its significant component field – radiophysics. The authors determine the subject, the objectives and the methods of radiophysics history, develop the approaches to the study, distinguish main periods of the science. The researchers also discuss the general components of the integrative model of radiophysics history study process, which may as well be applied for investigation of development history of other fields of modern fundamental science.

Key words: modern physics, radiophysics history, integrative model, Nobel prize, radiophysics scientific schools.

*Чтобы понять какую-либо науку,
необходимо знать историю этой науки*

О. Конт

Введение

Накопление огромного количества научных фактов, стремительное развитие наукоемких технологий привели к тому, что современная физика «так разрослась и дифференцировалась, что за деревьями трудно разглядеть лес, трудно охватить мысленным взором картину современной физики как целого» [1]. Современная фундаментальная наука охватывает столь широкий круг проблем, что даже специалистам подчас трудно полностью охватить все ее разделы. Один из творцов квантовой механики Нобелевский лауреат Ю. Вигнер в статье [2], посвященной будущему науки, определил факторы, тормозящие ее развитие. Одним из них является «увеличение пути до переднего края науки, что потребует от будущих исследователей потратить большую часть активной жизни на освоение уже накопленных результатов». Ситуация усугубляется также тем, что физические исследования сегодня часто проводятся на стыке различных наук, что способствует представлению постнеклассической физики в виде своеобразного «куста», а не «ствола» [3]. Лавинообразные потоки информации, мириады научных фактов и открытий размывают предмет и методы постнеклассической физики. Что касается непрофессионалов, интересующихся вопросами современной физики, ситуация для них подобна плаванию в безбрежном океане без маяков и ориенти-

ров. Естественно, такое путешествие нельзя назвать увлекательным, и интерес к проблемам современной физики неумолимо снижается.

На наш взгляд, выходом из этой ситуации является изучение истории развития основополагающих идей современной физики. При этом важно отметить, что современная наука – чрезвычайно математизированная область знаний. И порой только историко-физический подход может пролить свет на происхождение и развитие физических идей. Кроме того, такой подход, избавляясь от излишней математизации научных теорий, позволяет представить современную физику как непрерывно развивающийся, эволюционирующий организм.

Радиофизика как наука

История физики хранит огромное количество событий и фактов, оказавших влияние на формирование наших представлений об окружающем мире, становление и развитие физической науки. При этом история физики представляет собой не просто хронологически упорядоченный набор фактов, но целостную картину возникновения и развития физических идей. Так как современная физика практически необъятна, целесообразно применить историко-физический подход к какому-то ее разделу и экстраполировать полученные результаты на историю развития всей постнеклассической физики. Такой научной дисциплиной может быть радиофизика. Начнем с обсуждения предмета и методов этой науки.

Радиофизика – раздел физики, охватывающий изучение и использование электромагнитных колебаний и волн радиодиапазона: их возбуждение, распространение, прием и преобразование частоты, а также возникающие при этом взаимодействия электрических и магнитных полей с зарядами в вакууме и в веществе [4]. На шкале электромагнитных волн радиодиапазон занимает интервал частот (длин волн): 10^4 – 10^{11} Гц (10^3 – 10^{-4} м), и первоначально радиофизические исследования велись именно в этих границах. Со временем методы радиофизики проникли и в другие диапазоны: от очень низких частот до γ -излучения, а также в область исследований волновых процессов неэлектромагнитной природы (например, в акустику).

Радиофизика охватывает различные области науки и техники, современные технологии, производство, здравоохранение, СМИ и культуру современного цивилизованного общества. В ней неразрывно сочетаются научный, технический и гуманитарный потенциалы современной физики [5].

Научный потенциал. Радиофизика – важнейший источник знаний об окружающем мире. Благодаря появлению таких радиофизических направлений исследований, как радиоспектроскопия, статистическая радиофизика, квантовая радиофизика, микроэлектроника, радиоастрономия и другие был осуществлен стремительный прорыв во многих областях современной науки. Недаром 45 ученых стали лауреатами 21 Нобелевской премии за работы в этой области!

Технический потенциал. Расширяя и многократно умножая возможности человека, радиофизика обеспечивает его уверенное продвижение по пути технического прогресса. Радиофизические открытия являются основой технических устройств (мобильная телефония, лазерные технологии, микроэлектронные устройства и т.д.), определяющих жизнь современного общества.

Радиофизические методы используются во многих областях науки и техники (современные средства связи, исследование космоса, медицина, геология, оборонные технологии и т.д.).

Гуманитарный потенциал. Изучение истории развития радиофизики показывает, что она вносит весомый вклад в развитие духовного облика человека, формирует его научное мировоззрение, учит ориентироваться в шкале культурных ценностей. Изучение истории становления и развития научных взглядов в области радиофизики способствует глубокому пониманию физической сущности рассматриваемых явлений.

Современное общество все больше осознает необходимость формирования у каждого человека целостного научного мировоззрения, которое бы соответствовало последним достижениям фундаментальной науки. Науки о природе развивают менталитет людей, в частности, формируют научный стиль мышления, дефицит которого ощущается в современном обществе. Формирование научного стиля мышления невозможно, в частности, без достаточно прочных радиофизических знаний.

Рассмотрим характерные особенности современной физики на примере радиофизики. Начнем с *междисциплинарности научных исследований*, которая предполагает существование взаимосвязи, преемственности, взаимопревращаемости различных объектов, изучаемых в естественных науках. В современной радиофизике междисциплинарность проявляется весьма активно. В качестве примера можно привести томографию, которая одновременно является разделом современной радиофизики, одним из основных методов неинвазивной диагностики и отдельным направлением в области получения и обработки информации. Томографические методы применяют в радиолокации и оптике, в медицине и физиологии, в геофизике и химии, астрономии и исследовании атмосферы и т.д.

Радиофизика играет ведущую роль в разработке и совершенствовании методологии современного физического эксперимента. Анализ этого вопроса свидетельствует об универсальности радиофизических методов – возможности их применения в различных областях науки и техники. В этом отношении радиофизика представляет собой многоликую научную дисциплину, которая сама развивает собственные методы и «экспортирует» их в другие области знаний.

Широкое применение методов вычислительной математики в научных исследованиях кардинально изменило получение и обработку их результатов. Компьютерные технологии становятся неотъемлемой частью любых физических исследований. Не следует забывать, что именно радиофизические изобретения (транзисторы, интегральные схемы, гетероструктуры, устройства на квантовых точках и др.) стали предвестниками наступления компьютерной эры и способствовали формированию информационного общества XXI в.

Усложнение экспериментальной базы. Выдающиеся успехи физики получены с помощью сложных инженерных устройств, действие которых часто основано на недавно открытых физических явлениях, не в последнюю очередь радиофизических. Так, применение методов лазерного охлаждения атомов позволило глубже понять взаимодействие лазерного излучения с веществом и квантовомеханическое поведение газов при сверхнизких температурах. Развитие техники фазированной антенной решетки (ФАР) позволило

решить проблемы СВЧ-микроэлектроники как основы микроминиатюризации СВЧ-компонентов и обеспечения их массового производства.

Индустриализация современных физических исследований приобретает в настоящее время космическое ускорение. Фактически сейчас в макро-, микро- и мегафизике значимые результаты исследований удастся получить только с помощью сложнейших промышленных установок, в которых всегда присутствует весомая радиофизическая составляющая. В качестве примеров можно привести ряд уникальных радиофизических установок: спутник «СОВЕ», радиотелескоп Аресибо, систему апертурного синтеза VLA и др.

Международная научная кооперация проявляется в том, что в настоящее время практически все крупные научные проекты строятся при финансовой поддержке нескольких государств. Так, в России находится в стадии разработки международный проект «Радиоастрон». В нем предусматривается запуск на эллиптическую орбиту с периодом около 9,5 суток и максимальным удалением от Земли 350 тыс. км 10-метрового космического радиотелескопа. В проекте участвуют обсерватории США, Канады, европейских государств, Китая, Индии и Австралии.

Все вышесказанное позволяет говорить о радиофизике как об одном из наиболее бурно развивающихся направлений в физике и о краеугольном камне современной фундаментальной науки. Однако история этой научной дисциплины исследована явно недостаточно. Отметим, что радиофизика изобилует не только значительными открытиями, но также рядом уникальных научных школ, возглавляемых выдающимися учеными. Так, благодаря работам научных школ Л. И. Мандельштама и Н. Д. Папалекси, М. А. Леонтовича, Е. К. Завойского и других отечественная радиофизика добилась впечатляющих успехов.

История радиофизики как наука

На наш взгляд, уже давно назрела необходимость выделить историю радиофизики в отдельное направление истории физики. Для этого следует определить предмет, цели и методы истории радиофизики, выработать возможные подходы к ее изучению, раскрыть содержание этой науки. Исследования подобного рода до настоящего времени практически не проводились.

Предметом истории радиофизики является история возникновения и развития радиофизики как единой науки, занимающей определенное место в общественной жизни людей и выполняющей в ней определенную роль. Историю радиофизики можно рассматривать и как процесс эволюции ряда фундаментальных понятий и идей этой науки.

Можно выделить три главных аспекта, определяющих предмет истории радиофизики. Во-первых, это *физический аспект*. Для изучения истории радиофизики необходимо иметь естественнонаучное или техническое образование и обладать определенным запасом знаний в области физики. Во-вторых, это *исторический аспект*. Важно не просто знать, но активно использовать методы и принципы истории физики [6] при изучении истории развития магистральных направлений радиофизических исследований, научных биографий творцов радиофизики и т.д. В-третьих, необходимо учитывать *социально-культурный аспект* истории радиофизики. Здесь следует рассмотреть весомый вклад радиофизики в развитие человеческой цивилизации,

Нобелевские премии по радиофизике, многогранные связи радиофизики и других областей науки и техники.

Главной *целью истории радиофизики*, как и любой исторической науки, является накопление и систематизация научных фактов в контексте определенных социокультурных явлений. К этому нужно добавить изучение процесса развития радиофизической науки. Еще одной целью истории радиофизики является исследование закономерностей, следуя которым развивается эта наука. По словам выдающегося советского радиофизика С. М. Рытова, «Представление об истории физики и об ее творцах позволяет лучше понять эволюцию и борьбу идей, позволяет почувствовать динамику науки, внутреннюю логику ее развития лучше, чем знание только добытых результатов» [7]. Развитие радиофизики представляет собой сложный, нелинейный процесс. В нем тесно переплетены внутренние («самодвижение» науки – концепция интернализма) и внешние (социально-экономические явления – концепция экстернализма) факторы развития этой науки. Данные факторы связаны диалектически и обеспечивают эволюцию радиофизики.

Отметим, что развитие есть процесс чередования относительно спокойных (эволюционных) периодов и периодов революционных изменений теорий, понятий, основных принципов и ключевых идей. В эволюционный период физика или какая-либо ее область (в том числе радиофизика) развиваются спокойно. Однако постепенно спокойный этап развития заканчивается, так как непрерывно накапливаются новые научные факты, объяснение которых уже не вписывается в каноны существующей теории. Это приводит к крушению старых принципов. Момент превращения науки из нормальной в «экстраординарную» трактуется Т. Куном [8] как революционный переворот.

Применительно к радиофизике началом научной революции можно считать создание Максвеллом теории электромагнитного поля. Она возникла еще тогда, когда не было экспериментов, опровергающих теорию дальнего действия и указывающих на конечную скорость распространения электромагнитных возмущений. Поэтому для признания данной теории потребовались экспериментальные исследования Герца с электромагнитными волнами. После этого гипотеза Максвелла о существовании электромагнитных волн превратилась в теорию электромагнитных волн, а представления Фарадея о существовании электрических и магнитных полей как физической реальности получили экспериментальное подтверждение.

Указанные выше цели истории радиофизики будут так или иначе преследоваться при изложении материала. К ним, однако, следует добавить еще одну цель – педагогическую. К ней мы вернемся в конце статьи.

Как любая историческая наука, история радиофизики использует специфические *методы исследования*: исследование источников (первичных и вторичных), моделирование исторически значимых экспериментов, статистический метод, метод интервью, компьютерный метод (в отличие от традиционных учебников и пособий, электронные учебные издания позволяют создавать достаточно большие массивы исторической информации по всему комплексу направлений развития физической науки).

Конечно, данные методы не могут считаться абсолютно строгими, но они позволяют получить приближенную картину развития науки и ее отдельных отраслей, а также стать основой для составления футурологических прогнозов.

Одной из важнейших проблем в истории науки является ее *периодизация*, которая позволяет лучше понять эволюцию основополагающих научных идей и методов, тенденции развития, движущие факторы, поворотные (бифуркационные) моменты, практические применения и социальные последствия. В развитии радиофизики можно выделить *три этапа*.

1. Этап предистории радиофизики (середина XIX в. – 1930-е гг.). Здесь речь идет о творцах электромагнитной теории поля (М. Фарадее, Дж. К. Максвелле, Г. Герце, О. Хевисайде, П. Н. Лебедеве, Н. А. Умове, Дж. Г. Пойнтинге и др.), пионерских исследованиях в области электросвязи гениальных дилетантов и ученых (М. Лумис, Д. Хьюз, А. Долбэр, А. Риги, Э. Томсон и др.), основополагающих работах по беспроволочной телеграфии (А. С. Попов, Г. Маркони, К. Ф. Браун и др.).

2. Этап зарождения и становления радиофизики как науки (1930–1940-е гг.). На первом этапе развитие радиофизики опиралось на электродинамику, общую теорию колебаний и волн, электронику. Охарактеризуем эти научные направления [4].

Электродинамика, в основе которой лежит электромагнитная теория Максвелла, обеспечила понимание процессов излучения, распространения и приема радиоволн.

Теория колебаний создала математический аппарат, позволяющий исследовать и управлять процессами в колебательных системах. Важную роль сыграли исследования нелинейных колебаний (и особенно автоколебаний).

Электроника – наука о взаимодействии электронов с электромагнитными полями и о методах создания электронных приборов и устройств, в которых это взаимодействие используется.

Итак, радиофизика, по меткому выражению В. И. Гапонова, «держится на трех китах: теории колебаний, электродинамике и электронике» [9].

Зарождение и становление радиофизики как науки предопределилось развитием радиотехники, в истории которой можно выделить несколько этапов. Первый из них – искровая радиотехника – начинается непосредственно с изобретения радиоприемника и создания систем радиосвязи. Начальным пунктом второго этапа следует считать создание в 1907 г. американским радиотехником Л. де Форестом электронной лампы – триода, внедрению которого в американскую промышленность и радиотехнику способствовал сам изобретатель. Вторая мировая война стимулировала развитие микроволновой радиотехники и полупроводниковой электроники – третий этап в истории радиотехники.

3. Этап дифференциации и интеграции радиофизической науки (с 1950-х гг. до настоящего времени). Проникая во многие разделы физики, радиофизика вносит туда, кроме экспериментальной методики, радиофизические представления. Радиофизический язык и терминология все глубже проникают в общеприродную терминологию, создавая весьма удобный и вносящий большую ясность во многие вопросы «интернациональный язык теории колебаний» (формулировка Л. И. Мандельштама), т.е. единый подход ко всем колебательным явлениям.

В результате взаимных обменов с другими областями физики, с одной стороны, и обособления отдельных разделов – с другой, внутри радиофизики образовалось несколько важных «дочерних» направлений исследований: ста-

тистическая радиофизика, квантовая радиофизика (квантовая электроника), радиоспектроскопия, радиоастрономия, микроэлектроника и др. Из приведенного перечня весьма затруднительно определить собственно предмет радиофизики. Согласно С. М. Рытову, целесообразно выделить те направления, которые позволяют уточнить предмет радиофизики на каждом этапе ее развития [10]. Предполагается, что радиофизика охватывает в основном два таких направления:

1. Изучение физических явлений, существенных для радиофизики, т.е. для всех основных этапов радиосвязи – генерация электромагнитных сигналов, излучение и распространение электромагнитных волн, прием радиосигналов. Это направление можно назвать *«физикой для радио»*.

2. Применение радиофизических методов в различных областях физики, астрономии, химии и др. Это направление может быть охарактеризовано как *«радио для физики»*.

Таким образом, развитие радиофизики сопровождается открытием новых явлений, находящихся практическое применение и составляющих основу ее новых разделов. При этом некоторые разделы радиофизики выделяются в самостоятельные области физики (радиоастрономия, радиоспектроскопия и др.), где методы радиофизики служат лишь средством изучения явлений, лежащих за пределами радиофизики.

Выдающийся немецкий ученый, Нобелевский лауреат М. фон Лауэ писал: «История может быть написана с различных точек зрения при полном сохранении достоверности. Оправданной является любая точка зрения, исходя из которой, историк может открыть что-либо исторически интересное» [11]. В связи с этим целесообразно выделить ряд подходов к изучению истории радиофизики. Вооружившись ими, историк науки сможет грамотно приступить к исследованию процесса развития радиофизики.

Исторические опыты в радиофизике. В радиофизике можно выделить ряд исторических (фундаментальных) экспериментов, оказавших основополагающее влияние на становление и развитие этой науки. К ним можно отнести:

- фундаментальные исследования и изобретения Г. Герца, доказавшие справедливость теории электромагнитного поля Дж. К. Максвелла;
- экспериментальные работы А. С. Попова, Г. Маркони и К. Ф. Брауна, заложившие основы беспроводной телеграфии и радиосвязи;
- опыты Е. К. Завойского по обнаружению и исследованию электронного парамагнитного резонанса (ЭПР);
- экспериментальные исследования У. Лэмба процессов поглощения и испускания микроволнового излучения атомами, и работы П. Куша по измерению магнитного момента электрона, которые послужили эмпирическим базисом квантовой электродинамики – магистрального направления современной физики элементарных частиц;
- экспериментальные исследования А. М. Прохорова, Н. Г. Басова и Ч. Таунса по созданию малошумящих квантовых усилителей и генераторов радиодиапазона (мазеров) и оптического диапазона (лазеров) и др.

Научные биографии творцов радиофизики. Знакомство с биографическими данными выдающихся ученых естественно вызывает интерес к их научной деятельности. Недаром Дж. Максвелл писал: «Наука захватывает нас тогда, когда, заинтересовавшись жизнью великих исследователей, мы начи-

наем следить за историей их открытий» [7]. Условно можно выделить следующие факторы, влияющие на научную деятельность ученых: случайность и закономерность открытия, научная смелость и подвиг ученого, приоритет в открытии. Рассмотрим эти факторы, опираясь на примеры из радиофизики.

Случайность и закономерность открытия. Здесь удобно использовать историю открытия ядерного магнитного резонанса (ЯМР). Первые сигналы, ЯМР были независимо получены исследовательскими группами Ф. Блоха в Оксфорде и Э. Перселла в Гарварде. После длительных бесплодных попыток обнаружить сигнал, Перселл решил, что ожидаемое явление не наблюдается, и дал указание выключить ток, питающий электромагнит. Пока магнитное поле уменьшалось, экспериментаторы продолжали смотреть на экран осциллографа. В некоторый момент магнитное поле достигло необходимой для резонанса величины и на экране неожиданно появился сигнал ЯМР. Таким образом, удачное стечение обстоятельств позволило экспериментально обнаружить физический эффект [12]. С этого момента техника ЯМР начала бурно развиваться и получила широкое применение в физике конденсированного состояния, химии, биологии, метрологии, медицине.

В истории радиофизики есть открытия, которые являются закономерным результатом долгих и кропотливых научных исследований. В начале 1930-х гг. темой экспериментальных работ И. Раби, по его словам, было «проигрывание различных вариантов с использованием оригинальной установки Штерна» [13]. Во многом благодаря работам по измерению магнитных моментов нейтрона и дейтрона у Раби возникла гениальная идея использовать дополнительное периодическое магнитное поле, частота которого может варьироваться с высокой точностью. Последующие исследования Раби и его учеников, использующих эту идею, заложили фундамент радиоспектроскопии – нового направления в радиофизике.

Научная смелость и подвиг ученого. В начальный период работы Нижегородской радиолaborатории параллельно с разработкой приемно-усилительных электронных ламп проводились широкие исследования по созданию надежных методов радиотелефонирования. В марте 1920 г. правительство поручило Нижегородской радиолaborатории «изготовить в срочном порядке центральную радиотелефонную станцию с радиусом действия 2000 верст». Изготовление мощной генераторной лампы для нее казалось тогда неразрешимой задачей. Нужен был тугоплавкий анод из тантала или молибдена, но таких металлов в России не было. В условиях невиданных трудностей, испытываемых страной, М. А. Бонч-Бруевичу удалось найти удивительно смелое и оригинальное техническое решение. Он предложил охлаждаемый водой анод из меди. Такая конструкция позволила рассеивать мощность до 950 Вт, что вполне соответствовало требованиям радиотелефонной передачи.

Приоритет в открытии. Кратко обсудим ставший уже хрестоматийным вопрос о приоритете в изобретении радио. По словам Л. И. Мандельштама, «настоящим изобретателем можно считать того, кто дал идее конкретное осуществление... после чьих работ не остается сомнения в том, что поставленная практическая цель достигнута» [14]. К работе А. С. Попова это относится в полной мере, так как он впервые дал техническое решение, вполне пригодное для радиосвязи. Согласно положениям изобретательского права входящие в устройство Попова известные ранее элементы нельзя трак-

товать как прототипы, так как именно их совокупность позволила создать первый радиоприемник.

Хотя Маркони нельзя считать изобретателем радио, бесспорны его заслуги в последующем увеличении дальности передачи сигналов, освоении промышленного производства радиоаппаратуры.

История изобретения радиофизических методов, приборов и устройств. По мере развития радиофизики ее методы (например: радиотехнические методы, радиолокационный метод, резонансные методы исследования вещества, радиоинтерференционный метод, томографический метод др.) стали проникать в другие области физики. Возник и обратный процесс взаимодействия. Новые задачи, а также освоение высокочастотных диапазонов привлекли в радиофизику идеи и методы из других областей физики, в частности из оптики, что привело к появлению нового раздела радиофизики – квазиоптики. В свою очередь, радиофизические методы, проникнув в оптику, заметно расширили возможности последней, вызвав к жизни такие разделы, как волоконная оптика, голография, интегральная оптика и др., так что и оптический диапазон частот стал областью приложения методов радиофизики. Иногда это поясняют термином «радиооптика».

Радиофизические приборы и методы исследования революционизировали экспериментальную технику, что позволило достичь выдающихся результатов во многих областях современной физики.

Научные школы в радиофизике. В СССР сформировались уникальные в мировой практике сообщества – научные школы. Эти школы, как правило, возглавлялись выдающимися учеными, вокруг которых формировался устойчивый коллектив единомышленников, способный решать крупные общественно значимые задачи [15]. Кратко охарактеризуем некоторые наиболее яркие отечественные и зарубежные радиофизические школы.

Нижегородская радиолaborатория (НРЛ). Научно-исследовательская деятельность НРЛ заложила основы радиосвязи, радиотехники, электроники, радиовещания отечественной радио- и электронной промышленности и получила высокую оценку и признание как в нашей стране, так и за рубежом. В НРЛ были собраны первоклассные специалисты: М. А. Бонч-Бруевич, В. К. Лебединский, А. Ф. Шорин, Д. А. Рожанский, В. П. Вологдин, братья Б. А. и Г. А. Остроумовы, А. М. Кугушев, А. А. Пистолькорс, О. В. Лосев, С. И. Шапошников и др. Кроме того, наездами – на дважды проведенных конгрессах Ассоциации физиков – бывали В. А. Стеклов, Л. И. Мандельштам, Н. Д. Папалекси, О. Д. Хвольсон и др.

После открытия НРЛ в 1918 г. радиотехнические центры возникают и в других городах России. Так, в 1919 г. М. В. Шулейкин основывает при Высшем техническом училище (ныне Московский энергетический институт) кафедру радиотехники. В 1920 г. Л. И. Мандельштам и Н. Д. Папалекси организуют подобный же центр в Одессе, а А. А. Чернышев – радиолaborаторию в Ленинграде при Политехническом институте. С 1923 г. в Ленинграде возникает Центральная радиолaborатория при участии Л. И. Мандельштама, Н. Д. Папалекси, Д. А. Рожанского, М. А. Бонч-Бруевича, В. П. Вологодина и др. В 1923 г. в Ленинграде создается крупный центр – Центральная радиолaborатория (ЦРЛ).

Радиотехническая школа И. Г. Фреймана. Имант Георгиевич Фрейман является одним из основателей отечественной радиотехники. Его важнейшая

заслуга – создание крупнейшей в СССР научной радиотехнической школы, давшей мощный импульс к развитию практически всех основных разделов этой науки. Имена выдающихся учеников Иманта Георгиевича широко известны. Это – академик А. И. Берг, внесший огромный вклад в развитие методов расчета мощных усилительных трактов, крупный организатор науки, основатель Военно-морского НИИ связи (НИМИСТ), Института радиотехники и электроники (ИРЭ) АН СССР; академик А. А. Харкевич – специалист в области электроакустики, радиотехники и теории связи, основатель Института проблем передачи информации (ИППИ) АН СССР; академик А. Н. Щукин – выдающийся ученый в области распространения радиоволн, организатор военной науки; член-корреспондент АН СССР С. Я. Соколов – крупнейший ученый в области акустики, гидроакустики, получивший мировое признание в области методов неразрушающего контроля; член-корреспондент АН СССР В. И. Сифоров – выдающийся отечественный ученый в области радиоприемной техники и теории связи; профессор Б. П. Асеев – разработчик специальной аппаратуры, автор фундаментальных курсов по радиотехнике и многие другие известные отечественные радиотехники.

Научная школа Л. И. Мандельштама и Н. Д. Папалекси. В области теории колебаний, значение которой для физики и техники выходит далеко за пределы радиотехники, были достигнуты столь значительные успехи, что полученные в этой области результаты можно с полным правом отнести к числу наиболее ярких достижений советской физики. Выдающуюся роль в этих достижениях сыграли работы Л. И. Мандельштама, Н. Д. Папалекси и их научной школы. Начатые еще в Страсбурге, они первоначально относились к линейным колебательным системам. Однако с началом использования в радиоприемных и радиопередающих устройствах электронных ламп в радиотехнике начинают интенсивно изучаться явления генерации незатухающих колебаний, которые линейная теория описать уже не могла. Это привело к возникновению учения о нелинейных колебаниях.

Талант крупного ученого и педагога, богатство мыслей и идей, личные качества привлекали к Мандельштаму творческую молодежь и привели к созданию им большой научной школы. В нее вошли талантливые молодые ученые, аспиранты и студенты: А. А. Андронов, А. А. Витт, Г. С. Горелик, М. А. Дивильковский, Г. Д. Малюжинец, В. В. Мигулин, С. М. Рытов, П. А. Рязин, С. П. Стрелков, К. Ф. Теодорчик, М. И. Филиппов, С. Э. Хайкин (теория колебаний), Г. С. Ландсберг, П. А. Бажулин (оптика), М. А. Леонтович, И. Е. Тамм, С. П. Шубин (теоретическая физика), И. М. Борушко, К. Э. Виллер, В. П. Гуляев, Э. М. Рубчинский, Е. Я. Щеголев (радиофизика), М. А. Исакович (молекулярная физика) и др.

Вдохновляемая идеями Мандельштама школа творчески развила созданные им направления в физике и технике и инициировала новые, а его ученики – И. Е. Тамм, А. А. Андронов и М. А. Леонтович – создали собственные широко известные научные школы.

Нижегородская школа радиофизики. В 1931 г. А. А. Андронов вместе с женой Е. А. Леонтович переехал на постоянное жительство из Москвы в Нижний Новгород (г. Горький). В это же время сюда приехали М. Т. Грехова и В. И. Гапонов. Причин для переезда молодых московских физиков было много, в том числе искренняя забота о развитии отечественной науки и

стремление создать подлинный научный центр в провинции. В 1937 г. к ним присоединился Г. С. Горелик.

Вскоре вокруг А. А. Андропова сплотилась группа молодых ученых и преподавателей – Г. С. Горелик, С. М. Рытов, А. Г. Майер, Н. Н. Баутин, И. Л. Берштейн и др. В созданной им творческой атмосфере не могла не развиваться серьезная, настоящая наука. В 1945 г. в Горьковском государственном университете (ГГУ) благодаря усилиям А. А. Андропова, М. Т. Греховой, Г. С. Горелика был создан первый в стране радиофизический факультет. А. А. Андронов возглавил кафедру теории колебаний и автоматического регулирования. Научной базой подготовки студентов был Горьковский исследовательский физико-технический институт (ГИФТИ), а впоследствии – Научно-исследовательский радиофизический институт (НИРФИ, с 1956 г.), Научно-исследовательский институт прикладной математики и кибернетики (НИИ ПМК, с 1964 г.) и НИИ механики (с 1974 г.).

Впоследствии НИРФИ разделился, и новый академический Институт прикладной физики (ИПФ) возглавил А. В. Гапонов-Грехов, а спустя годы отпочковавшийся от ИПФ Институт физики микроструктур РАН – С. В. Гапонов. История нижегородской школы радиофизики, которую называют одной из динамично развивающихся научных школ России, тесно связана с двумя поколениями ученых из этой талантливой семьи [16].

Научная школа по нелинейной динамике Д. И. Трубецкого. В середине 70-х гг. прошлого века группой молодых научных работников под руководством Д. И. Трубецкого были начаты исследования, охватывающие широкий круг нелинейных и нестационарных явлений [17]. Одним из первых результатов, полученных Д. И. Трубецким, стало создание нестационарной нелинейной теории электронных приборов с распределенным взаимодействием. С начала 1980-х гг. одним из основных направлений научной школы Трубецкого становятся исследования в области нелинейной динамики. Кроме того, Д. И. Трубецков является одним из неформальных лидеров такого нового научного направления, как синергетика. Серьезным успехом в этом направлении стало издание первой монографии в России, посвященной применению методов нелинейной динамики к анализу нефизических (социальных, геологических, экономических и др.) систем.

Отдел радиоастрономии в Государственном астрономическом институте имени П. К. Штернберга (ГАИШ). В 1953 г. в ГАИШе был создан отдел радиоастрономии под руководством выдающегося советского ученого И. С. Шкловского [18]. Первыми сотрудниками отдела стали Б. М. Чихачев и студент 4-го курса механико-математического факультета МГУ Н. С. Кардашев. Будучи теоретиком, И. С. Шкловский тем не менее считал необходимым развивать прежде всего экспериментальные исследования. В 1955 г. в отдел был зачислен В. Г. Курт, в 1956 г. – В. И. Мороз. Позднее В. Ф. Есипов, Г. Б. Шоломицкий, Т. А. Лозинская, В. Н. Курильчик, М. И. Пашенко, В. И. Слыш, Л. М. Гиндилис и др. Это – первое поколение сотрудников отдела, большинство из которых были непосредственными учениками И. С. Шкловского. Затем В. И. Мороз создал группу инфракрасной астрономии, В. Г. Курт занялся внеатмосферными исследованиями, Н. С. Кардашев, В. И. Слыш, Г. Б. Шоломицкий и другие посвятили себя радиоастрономии, П. В. Щеглов и Т. А. Лозинская – оптической интерферометрии, В. Ф. Есипов – оптической спектроскопии, Л. М. Гиндилис – проблеме SETI.

К известным радиофизическим школам можно также отнести казанскую научную школу магнитной радиоспектроскопии, основателем которой был Е. К. Завойский, научную школу Р. В. Хохлова и С. А. Ахманова по нелинейной оптике, радиофизический семинар С. М. Рытова и др.

История радиофизики сквозь призму Нобелевских премий. Из-за невозможности отразить деятельность всех ученых, внесших решающий вклад в становление радиофизики, а также рассказать обо всех открытиях в этой области целесообразно провести исследование истории радиофизики в контексте самой престижной научной награды – Нобелевской премии. Анализ содержания радиофизических исследований, удостоенных Нобелевских премий по физике, позволил определить магистральные направления радиофизических исследований. К ним относятся радиотехника, радиоспектроскопия, информационные технологии, радиоастрономия [19]. Изучение истории развития и современных достижений магистральных направлений радиофизических исследований позволяет проследить эволюцию развития основных идей этой науки. При этом не должны оставаться без внимания основополагающие радиофизические исследования, не удостоенные этой научной награды.

История радиофизики как учебная дисциплина

В техническом вузе студенты изучают полноценный теоретический курс радиофизики, посвященный современным проблемам этой научной дисциплины. В педагогическом вузе изучение радиофизики имеет особый характер: будущие учителя приобретают необходимые знания и умения для преподавания этой дисциплины в школе. В то же время в педагогическом вузе не уделяется должного внимания истории развития, межпредметным связям и методологическим аспектам радиофизики.

На факультете физики и информационных технологий Московского педагогического государственного университета разработан и апробирован спецкурс «История радиофизики», предназначенный для студентов старших курсов, бакалавров, магистров и аспирантов физических специальностей университетов и педагогических вузов. Он реализован в виде мультимедийных лекций. По своей тематике спецкурс охватывает не только указанные четыре магистральные направления радиофизических исследований, но и учитывает междисциплинарные связи радиофизики и других областей знания. Помимо Нобелевских открытий в области радиофизики, обсуждаются исследования, не удостоенные этой награды, но имеющие высокое научное значение.

Подробный рассказ о спецкурсе «История радиофизики» не входит в задачу данной статьи. С его описанием, методикой проведения, тематикой лекций можно ознакомиться, например в [20].

Таким образом, к изучению истории радиофизики рационально применять комплексный подход, позволяющий представить эту науку как непрерывно эволюционирующий организм. Попробуем разработать *интегративную* теоретическую модель изучения истории радиофизики, которую в будущем можно применить к другим разделам современной физики. Отметим основные компоненты этой модели:

- физический, технический и гуманитарный аспекты радиофизики;
- характерные особенности радиофизики, как и всей современной физики: междисциплинарность научных исследований, широкое применение методов вычислительной математики, международная научная кооперация;

- гносеологические аспекты радиофизики: элементы теории познания, научные методы познания, история развития и современные достижения ключевых научных направлений;

- вклад отечественных ученых в зарождение и развитие радиофизики;

- применение качественных методов изучения истории радиофизики, современных информационных технологий (компьютерные модели, мультимедийные лекции, компьютерная база данных и др.) и статистических методов (анализ тематики Нобелевских премий, присужденных в области радиофизики, как основа футурологического прогноза возможных открытий);

- подходы к изучению истории радиофизики: исторические опыты в радиофизике, научные биографии творцов радиофизики, история создания радиофизических методов, приборов и устройств, научные школы в радиофизике, связь радиофизики с другими разделами физики и другими научными дисциплинами, в том числе гуманитарными, история радиофизики сквозь призму Нобелевских премий;

- дуальное представление истории радиофизики – самостоятельное направление в истории физики и учебная дисциплина в вузе.

Заключение

Отметим наиболее важные проблемы, задачи и перспективы истории радиофизики как предмета изучения.

1. Перед историей физики (в частности историей радиофизики) в настоящее время стоит множество задач, для решения которых нужны высококвалифицированные историки науки. Однако аспирантуры по истории физики фактически нет, защита кандидатских и докторских диссертаций по истории физики проходит от случая к случаю. Положение усугубляется тем, что история науки – чрезвычайно многосторонняя область знания [21]. Историк науки должен хорошо знать науку, обладать системным, а не фрагментарным видением научной проблемы, понимать межпредметные связи, владеть методами истории науки, в том числе и современными.

2. Изучение истории современной физики чрезвычайно важно при подготовке физиков-профессионалов любого профиля. Без знаний, расширяющих физический кругозор, ни один серьезный ученый состояться не может. На наш взгляд, спецкурсы типа «Современная физика», «Современная физика и астрофизика», курс «История физики» должны обязательно входить в образовательные программы университетов и институтов. Большую роль такие курсы играют в педагогических вузах, так как будущие учителя готовятся к преподаванию настоящей физической науки (включая ее современные достижения), в том числе в профильной школе. Отметим, что специальные курсы по различным направлениям современной физики часто представляют собой курсы по истории науки, так как в них широко используется исторический подход, а изложение ведется на качественном уровне без обращения к сложному математическому аппарату.

3. Важно понимать, что охватить все моменты развития радиофизической науки сложно: она богата по содержанию и множеству других аспектов. Тем не менее предложенная интегративная модель изучения истории радиофизики позволяет, во-первых, понять, что история радиофизики – важнейшее направление в истории физики, а во-вторых, рассмотреть ее как вузовскую

учебную дисциплину. Кроме того, модель позволяет изучать эту научную дисциплину с позиций ученого (историка науки), преподавателя вуза и студента. Конечно, для доказательства эффективности модели ее необходимо приложить к другим разделам современной физики.

4. Большинство публикаций по истории радиофизики посвящено истории того или иного направления радиофизики (например, книги М. А. Быховского по истории развития теории связи) или биографическим сведениям об ученых-радиофизиках (например, книги о жизни и научной деятельности А. С. Попова, Л. И. Мандельштама, Дж. К. Максвелла и др.). Кроме того, существуют некоторые периодические издания («Электросвязь», «Радио», «Успехи физических наук»), на страницах которых помещаются материалы по истории радиофизики и ее отдельных направлений.

В то же время главная задача истории радиофизики состоит в определении ее места в фундаментальной науке и технике. Изучение истории радиофизики предоставляет исследователям и инженерам возможность расширять свой кругозор, используя научные достижения предшествующих лет. Однако к настоящему времени указанная задача не только не решена, но попросту забыта. В силу ограниченности тиражей историко-физической литературы результаты научных исследований лишь в малой степени доступны широкому читателю. При этом вне их круга оказываются студенты, аспиранты радиотехнических специальностей вузов, молодые специалисты, которым и адресованы указанные издания. Таким образом, распространению знаний по истории радиофизики и радиотехники необходимо уделять значительно больше внимания (прежде всего в вузах, а также в школах и в дистанционном обучении).

Список литературы

1. **Гинзбург, В. Л.** О сверхпроводимости и сверхтекучести (что мне удалось сделать, а что не удалось), а также о «физическом минимуме» на начало XXI века / В. Л. Гинзбург // Успехи физических наук. – 2004. – Т. 174. – С. 1240.
2. **Вигнер, Ю.** Пределы науки / Ю. Вигнер // Экология и жизнь. – 2004. – № 6 (41) – С. 5–11.
3. **Новиков, А. М.** Методология учебной деятельности / А. М. Новиков. – М. : Эгвес, 2005. – 174 с.
4. Физика : большой энциклопедический словарь / гл. ред. А. М. Прохоров. – 4-е изд. – М. : Большая Российская энциклопедия, 1999.
5. **Михайлишина, Г. Ф.** Изучение современной физики в педагогическом вузе: содержание, методы и формы обучения : дис. ... канд. пед. наук / Михайлишина Г. Ф. – М., 2002. – 288 с.
6. **Ильин, В. А.** История физики / В. А. Ильин. – М. : Академия, 2003. – 272 с.
7. **Щербаков, Р. Н.** Великие физики как педагоги: от научных исследований – к просвещению общества / Р. Н. Щербаков. – М. : Бином, 2008. – 296 с.
8. **Кун, Т.** Структура научных революций / Т. Кун. – М. : Прогресс, 1975.
9. **Миллер, М. А.** Избранные очерки о зарождении и взрослении радиофизики в горьковско-нижегородских местах / М. А. Миллер. – Н. Новгород : Изд-во ИПФ РАН, 1997. – 224 с.
10. **Рытов, С. М.** Введение в статистическую радиофизику. Часть I. Случайные процессы / С. М. Рытов. – М. : Наука, 1976. – 491 с.
11. **Лауэ, М.** История физики / М. Лауэ. – М. : ГИТТЛ, 1956. – 230 с.
12. **Варламов, А.** Что такое ЯМР-томография? / А. Варламов, А. Ригамонти // Квант. – 2010. – № 1. – С. 8.

13. **Пайс, А.** Гении науки / А. Пайс. – М. : Институт компьютер. исслед., 2002. – 448 с.
14. **Мандельштам, Л. И.** Полное собрание трудов / Л. И. Мандельштам. – М.-Л. : Изд-во АН СССР, 1948–1955.
15. **Хохлов, Д. Р.** О проблемах физической науки в современных условиях / Д. Р. Хохлов // Наука в вузах: математика, физика, информатика : тр. Междунар. науч.-образоват. конф. – М. : РУДН, 2009. – С. 263.
16. URL: http://www.biograph.ru/bank/gaponov-grehov_av.htm (электронный вариант биографии А. В. Гапонова-Грехова).
17. URL: http://www.sgu.ru/faculties/non-linear_processes/birthdaytrubeckov.php (электронный вариант статьи «Школа Д. И. Трубецкого»).
18. URL: <http://comet.sai.msu.ru/radio/history.html> (информация об отделе радиоастрономии ГАИШ).
19. **Кудрявцев, В. В.** История радиофизики в контексте Нобелевской премии / В. В. Кудрявцев, В. А. Ильин // История науки и техники. – 2009. – № 10. – С. 8.
20. **Кудрявцев, В. В.** Мультимедийный курс «История радиофизики» для педагогических вузов / В. В. Кудрявцев // Физическое образование: проблемы и перспективы развития : материалы VII Междунар. науч.-метод. конф. – М. : Школа Будущего, 2008. – Ч. 1. – С. 282.
21. **Кудрявцев, П. С.** О некоторых проблемах истории науки / П. С. Кудрявцев // История и методология естественных наук. – 1971. – № 10. – С. 3.

Кудрявцев Василий Владимирович

кандидат педагогических наук, ведущий редактор, редакция физики и математики, Издательский центр «Вентана-Граф» (г. Москва)

E-mail: basilio_84@mail.ru.

Kudryavtsev Vasily Vladimirovich

Candidate of pedagogic sciences, senior editor, physics and mathematics editorial office, Publishing center “Ventana-Graf” (Moscow)

Ильин Вадим Алексеевич

доктор физико-математических наук, профессор, кафедра общей и экспериментальной физики, Московский педагогический государственный университет

E-mail: minjar@mail.ru

Ilyin Vadim Alekseevich

Doctor of physical and mathematical sciences, professor, sub-department of general and experimental physics, Moscow State Pedagogical University

УДК 537.86

Кудрявцев, В. В.

История радиофизики – важнейшее направление в истории физики /

В. В. Кудрявцев, В. А. Ильин // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Физико-математические науки. – 2012. – № 2 (22). – С. 170–184.