

ПЕРСОНАЛИИ

Я.Б. ФАЙНБЕРГ – ВЫДАЮЩИЙСЯ ФИЗИК НАШЕГО ВРЕМЕНИ



Яков Борисович Файнберг родился 7 сентября 1918 г. в небольшом украинском городе Золотоноше (Черкасской обл.). Его отец, Борис Моисеевич, работал фармацевтом. Знание дела и честность создали ему авторитет и уважение горожан. Мать, Розалия Ефимовна, преподавала в школе. Как и многие учителя того времени, она давала частные уроки, чтобы помочь семье материально. Несмотря на сильную занятость в школе, мать много внимания уделяла сыну, развивая его мышление и память. Яков рано начал читать, и большая домашняя библиотека стала любимым местом его пребывания в родительском доме.

В школе он учился легко, так как обладал необыкновенно натренированной памятью. «Антон Карлович Вальтер был первым «живым» профессором, которого я увидел и услышал, – он тогда консультировал ХЭМЗ¹, а наша 3 средняя школа находилась в этом районе. И вот перед нами, десятиклассниками, предстал очень молодой (ему тогда не было и 30 лет), спортивного вида «живой» профессор, который в очень доступной форме излагал самые современные достижения физики (нейтрино и др.), и, хотя он это не подчеркивал, было ясно, что перед нами выступает один из участников бурных событий, происходящих в физике. Эта лекция, как и его замечательная книга «Атака атомного ядра», в большой степени содействовала тому, что ряд молодых людей из нашего поколения приобщились к физике и связали свою судьбу с этой замечательной наукой», – вспоминал Я.Б. Файнберг ([1], с. 22-23).

Незаурядные способности Якова к физике проявились в годы учебы в Харьковском техникуме трамвайного хозяйства. Все свободное от занятий время он проводил в кабинете физики и в библиотеке, читая книги, далеко выходящие за рамки учебной программы. Техникум дал Я. Файнбергу немало практических навыков и определил его особое, прикладное отношение к науке.

В 1935 г. он поступил на физическое отделение физико-математического факультета Харьковского государственного университета. Ему посчастливилось слушать лекции выдающегося физика-теоретика XX века Льва Давидовича Ландау. Вот что отмечал в своих воспоминаниях, относящихся к указанному времени, Я.Б. Файнберг: «Лекции по физике читал заведующий кафедрой экспериментальной физики профессор А.В. Желеховский, автор учебника по физике на украинском языке... Как-то он привел в аудиторию молодого парня, одетого в приличную заграничную куртку, полотняные штаны и босоножки на босую ногу... Желеховский с смурым видом остался в аудитории, сказав что отныне лекции будет читать не он, а профессор Л.Д. Ландау. Ландау обратился к аудитории со словами, что до сих пор студентов учили «дремучие зубры» и учили не тому, чему следует. Под «дремучими зубрами» Лев Давидович имел в виду не присутствующего А.В. Желеховского, а, по-видимому, профессора Ленинградского университета О.Д. Хвольсона, автора многотомного "Курса физики". Этот учебник выдержал несколько изданий и в то время использовался в вузах» ([2], с. 95-96).

Лекции Л.Д. Ландау были полной противоположностью «Курсу физики» О.Д. Хвольсона. В своем курсе общей физики Л.Д. Ландау излагал только основные законы и разъяснял их физическую суть. Детали опытов и устройство физических приборов он выносил на лабораторные работы.

Большое впечатление на студента Я. Файнберга произвели также лекции Кирилла Дмитриевича Синельникова.

¹ ХЭМЗ – Харьковский электромеханический завод.

«Следует отметить, – рассказывал Я.Б. Файнберг, – что зарождение двух направлений – физики и техники резонансных ускорителей и физики плазмы – относятся еще к 1936 г., когда К.Д.² на физмате ХГУ³ создал новую специальность, носившую тогда, казалось, неуклюжее название «Электроядерная физика». У нас возникло недоумение, когда наряду с курсовыми работами, посвященными чисто ядерным вопросам (изготовление и исследование камеры Вильсона и других устройств для детектирования элементарных частиц), мы начали привлекаться к работам по электронике и радиофизике – созданию электронного микроскопа, являющегося в то время большой редкостью, а аспиранты – к разработке клистронов. Он осуществил на этой специальности связь и взаимодействие таких, на первый взгляд, далеких разделов физики, как ядерная физика, радиофизика и электроника. Приходится только удивляться и восхищаться интуицией К.Д., который, еще в те далекие годы, нащупал эту связь и предвосхитил необходимость этого "великого объединения", в результате которого в УФТИ⁴ появились два важных направления: физика и техника линейных резонансных ускорителей и физика плазмы, а затем и УТС⁵» ([3], с. 25).

«Курсы общей физики, – отмечал далее Я.Б. Файнберг, – которые нам посчастливилось прослушать сначала у Л.Д. Ландау, а затем у К.Д. Синельникова, уже содержали ряд из тех педагогических находок и идей, которыми отличаются, например, составленные значительно позже курсы фейнмановских и берклиевских лекций, пользующиеся в настоящее время наряду с курсами по экспериментальной физике советских авторов большой и заслуженной популярностью. Лекции Л.Д. Ландау и К.Д. Синельникова способствовали приобщению нас к современной физике и воспитанию творческого подхода к ней. Многие физики, успешно работающие в науке, с большой признательностью вспоминают эти лекции» ([4], с. 129).

Первое самостоятельное научное исследование Я.Б. Файнберга – его дипломная работа, выполненная под руководством К.Д. Синельникова. По окончании в 1940 г. Харьковского государственного университета Яков Борисович Файнберг был направлен в аспирантуру. Однако Великая Отечественная война оторвала его на долгие 6 лет от университета. В военные годы он занимался научными работами оборонной тематики. В последние годы войны (1944-1945 г.) он служил старшим инженером одной из технических спецчастей Советской Армии под началом генерал-майора Б.П. Асеева, которого он до сих пор считает одним из лучших своих учителей-наставников.

После демобилизации Я.Б. Файнберг вернулся в Харьков. В конце 1948 г. Яков Борисович вступил в брак с Евгенией Владимировной Лифшиц⁶. Их семейная жизнь была, по меткому высказыванию профессора В.С. Когана, «безоблачным путешествием длиною в жизнь».

В октябре 1946 г. Я.Б. Файнберг был назначен старшим научным сотрудником теоретического отдела А.И. Ахиезера. С этого времени он уже никогда не оставлял научных занятий. Вся его последующая научная деятельность была связана с Харьковским физико-техническим институтом.

За время своей более чем шестидесятилетней научной деятельности Я.Б. Файнберг проявил себя как ученый, который сочетает глубокие теоретические исследования с решением насущных практических задач.

В 1947 г. Я.Б. Файнбергом проведены первые теоретические исследования динамики частиц, ускоряемых в поле бегущей волны. В этих работах разработана теория фазовой и радиальной устойчивости частиц, ускоряемых в волноводах медленных волн: на основе которой были построены в ХФТИ АН УССР первые в СССР линейные ускорители (ЛУ) электронов. Я.Б. Файнберг руководил (совместно с А.И. Ахиезером) и принимал непосредственное участие в создании теории и проведении расчетов ЛУ на большие энергии, в частности, крупнейшего в Европе линейного ускорителя на 2 ГэВ. Им выполнен большой цикл исследований динамики частиц и электродинамики ускоряющих систем протонных ускорителей. Он принимал непосредственное участие в расчете всех протонных ускорителей, построенных в ХФТИ АН УССР. Я.Б. Файнберг одним из первых провел исследования по ускорению заряженных частиц в анизотропных средах и спиральных волноводах. В 1953 г. им предложен принципиально новый метод обеспечения одновременной радиальной и продольной устойчивости частиц в линейных ускорителях – создание двумерной динамической устойчивости ускоряемых частиц с помощью ВЧ-ускоряющих полей, фаза которых периодически изменяется вдоль ускорителя, так называемая переменнo-фазовая фокусировка, осуществленная в последние годы на ряде моделей ускорителей.

В 1956 г. на Женевской конференции по физике высоких энергий были доложены, вызвавшие огромный интерес, работы В.И. Векслера, А.М. Будкера и Я.Б. Файнберга, в которых сформулированы основные идеи совершенно нового направления в физике ускорителей – коллективных методов ускорения. Предложенный Я.Б. Файнбергом метод ускорения с помощью волн плотности заряда в плазменных волноводах и некомпенсированных электронных и ионных пучках (вопросы динамики ускорения в плазме исследованы совместно с Н.А. Хижняком) в настоящее время проходит экспериментальную проверку.

Большой вклад внес Я.Б. Файнберг в развитие физики плазмы. В 1948 г. им (совместно с А.И. Ахиезером) была теоретически предсказана и исследована первая и наиболее распространенная микро-

² К.Д. – Кирилл Дмитриевич Синельников.

³ ХГУ – Харьковский государственный университет.

⁴ УФТИ – Украинский физико-технический институт (г. Харьков).

⁵ УТС – управляемый термоядерный синтез.

⁶ Е.В. Лифшиц (1919-1993) – кандидат физ.-мат. наук. Работала в ХФТИ с 1938 по 1993 г. Научные работы были посвящены спектроскопии.

неустойчивость неравновесной плазмы – пучковая неустойчивость, т.е. впервые было показано, что в такой плазме возможно обращение эффекта затухания Ландау. Значение этого вывода, ставшего классическим, для теории коллективных процессов в плазме и разнообразных практических приложений трудно переоценить. В экспериментальных исследованиях им (совместно с И.Ф. Харченко, А.К. Березиным, Е.А. Корниловым) впервые обнаружена и изучена пучковая неустойчивость как в отсутствие, так и при наличии магнитного поля (1957-1958 г.), открыт новый тип разряда – плазменно-пучковый, и новый способ бесстолкновительного нагрева плазмы – пучковый нагрев.

Я.Б. Файнберг является соавтором (совместно с Е.К. Завойским, В.А. Супруненко и др.) открытия «Турбулентный нагрев и аномальное сопротивление плазмы» (диплом № 112). Им впервые (1961 г.) поставлен вопрос об управлении микронеустойчивостями плазмы, в частности, предложен метод управления пучковой неустойчивостью, который экспериментально осуществлен в 1961-1965 г.

Яков Борисович одним из первых понял и оценил большие возможности использования релятивистских пучков. Совместно с В.Д. Шапиро, В.И. Шевченко в 1969 г. им были выполнены первые исследования в области нелинейной теории взаимодействия релятивистских пучков с плазмой (РЭП). Нелинейная теория взаимодействия РЭП с плазменным резонатором развита им совместно с В.И. Курилко. Экспериментальные исследования взаимодействия сильноточных РЭП с плазмой, проведенные совместно с Ю.В. Ткачом, впервые убедительно продемонстрировали высокую эффективность такого взаимодействия. Эти исследования позволили получить большие мощности СВЧ-излучения (1974-1975 г.) и создать мощный лазер ультрафиолетового диапазона, использующий коллективные взаимодействия (1969-1971 г.). В 1974-1987 г. Я.Б. Файнбергом совместно с А.К. Березиным проведен цикл экспериментальных исследований взаимодействия моноэнергетичных РЭП очень малой угловой расходимости с плотной плазмой ($10^{15} \dots 10^{17} \text{ см}^{-3}$), в результате которых впервые получена аномально быстрая релаксация пучка. Доказано совместно с Ю.П. Блюхом, В.И. Карасем, И.Н. Онищенко (1984 г.), что для сильноточных релятивистских электронных пучков, распространяющихся в плазменных волноводах, происходит смена черенковского механизма излучения на аномальный доплеровский, в результате которой эффективность излучения не уменьшается с ростом степени неравновесности системы и релятивизма пучка. Интересный цикл теоретических исследований неоднородного плазменно-пучкового разряда проведен Я.Б. Файнбергом совместно с С.С. Моисеевым (1971-1976 г.). Большие мощности излучения в длинном импульсе получены совместно с Е.А. Корниловым при взаимодействии сильноточных электронных пучков линейного плазменного бетатрона с плазмой, находящейся в открытом резонаторе.

Нельзя не отметить, что в последнее время получили широкое развитие теоретические и экспериментальные работы, выполненные Я.Б. Файнбергом, О.Г. Загородновым, А.М. Егоровым и другими сотрудниками еще в 1955-1960 г., в которых впервые был предсказан и наблюдался эффект умножения частоты, обусловленный двойным эффектом Доплера, при отражении от движущейся плазмы в системе медленных волн и разработана его теория. Предложен и исследован, совместно с В.И. Мирошниченко, лазер на свободных электронах с плазменным заполнением (1986 г.). Благодаря рассеянию сильноточным РЭП плазменных волн возможно существенное укорочение длины волны и увеличение эффективности за счет использования тока пучка, существенно превышающего предельный вакуумный.

Метод ускорения с помощью волн плотности заряда получил в последнее время широкое развитие и рассматривается как один из наиболее перспективных методов создания ускорителей нового поколения ([4], с. 4-6). Разработаны новые методы ускорения заряженных частиц (Я.Б. Файнберг, В.А. Балакирев, А.К. Березин, В.И. Карась, В.А. Киселев, А.Ф. Линник, И.Н. Онищенко, Г.В. Сотников и др.), основанные на возбуждении ускоряющих полей большой амплитуды в плазме и других средах с помощью интенсивных электронных сгустков или сверхкоротких лазерных импульсов.

Я.Б. Файнбергом, Ю.В. Ткачом, И.И. Магдой, А.М. Егоровым, И.Ф. Харченко, Ю.Ф. Лониным созданы комплексы сильноточных ускорителей электронов с энергией до 1 МэВ и током до 100 кА, а также ускоритель протонов «Урал-5» на энергию 5 МэВ.

Я.Б. Файнбергом и Н.А. Хижняком (1957 г.) открыто параметрическое резонансное излучение.

Я.Б. Файнбергом, Е.А. Корниловым, С.А. Некрашевичем, Н.А. Шоховцевым в 1970 г. было положено начало экспериментам по возбуждению электромагнитных волн в полупроводниковой плазме, основанному на коллективном ППВ с использованием замечания Л.И. Мандельштама, об отсутствии влияния канала в полупроводнике на условия распространения в нем волн, если радиус канала меньше длины волны. Пропуская через канал (2 мм) в полупроводнике, находящемся при азотной температуре, электронный пучок, удалось в результате диссипативной пучково-плазменной неустойчивости эффективно возбуждать электромагнитную волну на частоте 37 ГГц.

Предложенная в НИЦ ХФТИ (Е.А. Корнилов, В.А. Кияшко, Ю.Е. Коляда, Я.Б. Файнберг, 1976 г.), разработанная и достаточно детально исследованная экспериментальная модель ионного индукционного ускорителя – ИИНДУС, включает инжектор ионного пучка и две последовательные ускоряющие секции. Ускоряющее напряжение в инжекторной секции составляет 300 кВ при длительности импульса 10^{-6} с, а напряжение на каждой ускоряющей секции – 120 кВ для импульса $5 \cdot 10^{-7}$ с. В отличие от традиционных вакуумных индукционных ускорителей, в этом ускорителе с компенсацией пространственного заряда электронный ток почти отсутствует благодаря внешнему изолирующему магнитному полю $H_{\text{max}} \approx 10 \text{ кГс}$.

Исследованы (В.И. Голота, В.И. Карась) две наиболее опасные неустойчивости, которые существенно влияют на качество пучка, а именно: высокочастотная пучково-плазменная неустойчивость, предсказанная А.И. Ахиезером, Я.Б. Файнбергом и независимо Д. Бомом, Е. Гроссом, а также филаментационная электромагнитная неустойчивость.

Для обеспечения очень жестких ограничений на параметры сильноточного ионного пучка, в частности, его эмиттанс и яркость, проведены детальные 2,5-мерное численное моделирование и экспериментальные исследования: зарядовой и токовой компенсации, ускорения, транспортировки и устойчивости сильноточного ионного пучка в нескольких магнитоизолированных ускоряющих и дрейфовых промежутках. Моделирование и экспериментальные исследования (О.В. Батищев, Н.Г. Белова, В.И. Голота, В.И. Карась, В.А. Кияшко, Е.А. Корнилов, Ю.С. Сигов, Я.Б. Файнберг) дали ответы на ряд важных вопросов:

- найдена максимально возможная плотность тока (100 A/cm^2) и ток ионного пучка, при которых обеспечивается однородность (устранение филаментации) плотности тока, заданный разброс продольной и поперечной энергии;

- определена оптимальная энергия специально инжектированного электронного пучка (около 1 МэВ), который обеспечивает достаточную зарядовую и токовую компенсацию;

- определены необходимые параметры (температура, плотность) электронов, используемых для компенсации объемного заряда ионов в дрейфовых промежутках;

- найдены оптимальные условия, обеспечивающие устойчивость сильноточного ионного пучка.

Результаты проведенных фундаментальных исследований (В.И. Карась, В.В. Мухин, В.Е. Новиков) вносят существенный вклад в понимание физических механизмов, определяющих процессы ускорения, формирования и управления интенсивными ионными пучками в плазмооптических системах. Построена теория компенсации сильноточного ионного пучка в магнитоизолированном ускоряющем промежутке с помощью специально инжектированного в систему электронного пучка, геометрические параметры которого тождественны параметрам ускоряемого ионного пучка, а плотности токов этих пучков совпадают.

С помощью 2,5-мерного полностью релятивистского электромагнитного кинетического кода было установлено (В.И. Карась, О.В. Батищев, Н.Г. Белова, Ю.С. Сигов), что приложенное внешнее электрическое поле, которое ускоряет ионы и тормозит электроны, не препятствует прохождению электронного пучка через ускоряющие промежутки, если разность потенциалов не превышает начальной энергии электронов пучка; имеет место не только зарядовая, но и токовая компенсация ионного пучка; ионный пучок в целом остается моноэнергетическим, а разброс электронного пучка в фазовом пространстве составляет почти 100%, что, однако, не препятствует зарядовой компенсации ионного пучка электронами; было получено (В.И. Карась, Н.Г. Белова) ограничение на толщину стенки трубчатого сильноточного ионного пучка, которое обеспечивает однородность по сечению пучка зарядовой и токовой компенсации, а также ускоряющего поля.

Полученные вследствие построения аналитической теории, 2,5-мерного численного моделирования и экспериментальных исследований результаты (В.И. Карась, Е.А. Корнилов, О.В. Батищев, Н.Г. Белова, Ю.С. Сигов, Я.Б. Файнберг, В.А. Кияшко, В.В. Мухин, В.И. Голота) по ускорению зарядово- и токово-компенсированного сильноточного ионного пучка в линейном индукционном ускорителе заложили физические основы создания сильноточных линейных индукционных ускорителей. Они могут быть успешно использованы при разработке сверхмощных ускорителей тяжелых ионов для инерциального термоядерного синтеза и разнообразных технологических применений.

Впервые (Е.А. Корнилов, В.А. Кияшко, Ю.Е. Коляда, Я.Б. Файнберг) создан модуль сильноточного индукционного ускорителя ИИНДУС с рекордными общим током (4 кА) и плотностью тока (1 kA/cm^2) при длительности импульса 0,5 мкс и энергии ионов (аргон, ксенон и др.) 600 кэВ. Изготовлены ускоряющие секции для увеличения энергии ИИНДУС до 3...5 МэВ.

В результате проведенных в ННЦ ХФТИ теоретических и экспериментальных исследований (А.К. Березин, Ю.П. Блюх, М.Ф. Горбатенко, А.М. Егоров, Е.А. Корнилов, О.Ф. Ковпик, Л.А. Митин, И.Н. Онищенко, Ю.Е. Коляда, Я.Б. Файнберг, 1960-1990 г.), в которых были получены решающие результаты в области нерелятивистской плазменной электроники при использовании как чисто плазменных волноводов, так и комбинированных волноводов, в которых сочетаются достоинства плазменных и обычных волноводов, вопрос о высокой эффективности нерелятивистской плазменной электроники был окончательно решен, и работы в этой области получили широкое развитие (ННЦ ХФТИ, Всероссийский электротехнический институт (В.И. Переводчиков, Л.А. Митин, М.А. Завьялов)). Созданы пучково-плазменные генераторы и усилители нового типа регулярных и стохастических колебаний с мощностью более 100 киловатт в импульсе и повышенным КПД до 50%.

В 1994-1998 г. Я.Б. Файнбергом, В.А. Балакиревым, Ю.П. Блюхом, В.И. Карасем, Е.А. Корниловым, М.Г. Любарским, О.В. Подобиным выполнены исследования, в которых самосогласованным образом в нерелятивистском приближении учитывается влияние изменения параметров плазмы, в первую очередь ее плотности, под действием возбуждаемых при плазменно-пучковом взаимодействии (ППВ) СВЧ-колебаний и волн на процессы генерации и усиления СВЧ-излучения. Показано, что в результате нелинейных эффектов в плазме (пондеромоторные продольные и поперечные силы и параметрические резонансы) происходит генерация СВЧ-колебаниями и волнами, возбуждаемыми при ППВ, ионных колебаний и волн, что сопровождается изменением плотности плазмы; плазма становится неоднородной и нестационарной, что может

вызывать уменьшение интенсивности или даже срыв СВЧ-колебаний и волн, а также существенно изменить их спектр. Теория, учитывающая действие пондеромоторных сил в плазме, позволяет определить процессы, ограничивающие интенсивность возбуждаемых при ППВ СВЧ-колебаний и волн или даже обуславливающие их срыв. Исследован вопрос о влиянии на ППВ параметрических неустойчивостей. В приближении трехволнового взаимодействия – ионно-звуковой, электромагнитной и плазменной волн – рассмотрен вопрос о влиянии периодической неоднородности плазмы на ППВ. Показано, что в условиях пространственно-временного синхронизма трех волн и при ограничении амплитуды плазменной волны значениями, при которых еще не наступает захват электронов пучка, возможно также увеличение эффективности ППВ. Выводы теории находятся в согласии с экспериментами.

Я.Б. Файнберг, Ф.Г. Басс, В.Д. Шапиро в 1965 г. показали, что стохастические электрические поля с конечным временем корреляции могут эффективно нагревать частицы в бесстолкновительной плазме, потому что обратное время корреляции при взаимодействии «частица – волна» фактически имеет физический смысл некоторой эффективной частоты столкновений. Физический механизм такого нагрева довольно прозрачен. Как известно, при взаимодействии регулярного СВЧ-поля с заряженной частицей в отсутствие парных соударений средняя (по периоду) энергия частицы не возрастает. При наличии соударений изменение средней энергии пропорционально частоте соударений. Элементарное объяснение заключается в том, что при соударениях изменяется фаза частицы в поле, в которую попадает частица после соударения, и поэтому средняя по периоду энергия, получаемая частицей, отлична от нуля. Естественно, что то же произойдет, если изменение фазы частицы в поле будет не в результате парного соударения, а случайного скачка фазы электромагнитного поля. Но электромагнитные волны со случайно изменяющейся фазой являются частным случаем стохастических электромагнитных полей – во взаимодействии с частицей они играют роль, аналогичную парным соударениям, роль частоты парных соударений играет частота скачков фазы, а приобретаемая частицей средняя по периоду энергия пропорциональна частоте скачков фазы. Этот простой пример наглядно объясняет одну из особенностей взаимодействия заряженной частицы со случайными электромагнитными полями. Так как в основе многих процессов взаимодействия излучения с веществом лежит взаимодействие «электромагнитное поле – частица», то можно ожидать, что упомянутая выше особенность взаимодействия стохастического излучения с частицей будет иметь ряд существенных различий с процессами взаимодействия регулярного излучения (в частности – СВЧ). Можно утверждать, что исследование взаимодействия стохастических СВЧ-полей с веществом приведет к существенному дополнению теории взаимодействия излучения с веществом и значительно расширит область возможных приложений этого взаимодействия. Как известно, в стохастических электромагнитных полях может эффективно осуществляться ускорение заряженных частиц, нагрев плазмы и целый ряд других полезных процессов. Напомним, что при этом происходит обмен энергией между СВЧ-стохастическими электромагнитными полями и заряженными частицами, несмотря на отсутствие парных соударений и отсутствие резонанса или синхронизма в движении частиц и распространения электромагнитных полей. Естественно, что средняя энергия, передаваемая от электромагнитного поля частицам, растет не как t (как это имеет место при резонансном взаимодействии), а пропорционально \sqrt{t} . Однако этот обмен энергией может быть весьма значительным. Поэтому, взаимодействие заряженных частиц со стохастическими электромагнитными полями надо учитывать наряду с другими нелинейными эффектами, пропорциональными $\sim E^2$. Сравнивая соотношение для притока энергии заряженной частицы при взаимодействии с регулярными СВЧ-полями при наличии парных соударений с соотношением для случая взаимодействия со стохастическими электромагнитными полями в отсутствие парных соударений, следующим из квазилинейной частично феноменологической теории слабо турбулентной плазмы с учетом корреляции электромагнитных стохастических полей замечаем, что эти соотношения подобны, в них частота парных соударений заменена на обратное время корреляции τ_{cor}^{-1} .

В НИЦ ХФТИ (Я.Б. Файнберг, А.М. Артамошкин, А.К. Березин, Е.А. Корнилов, О.Ф. Ковпик, Ю.М. Ляпкало) созданы нового типа плазменно-пучковые генераторы интенсивного стохастического излучения. Важным является вопрос о взаимодействии с различными средами стохастического электромагнитного излучения. В.И. Карасем, Я.Б. Файнбергом, А.М. Артамошкиным, А.Ф. Алисовым, И.В. Гавриленко, В.Д. Левченко (ИПМ РАН), В.И. Мирным, И.Ф. Потапенко (ИПМ РАН), В.С. Усом проведены в 2002-2007 г. теоретические и экспериментальные исследования и численное моделирование прямого и наклонного падения на поверхность раздела вакуум-плазма со сверхкритической плотностью линейно поляризованных электромагнитных волн. Основные результаты этих исследований следующие: 1) при рассмотренных параметрах коэффициент проникновения (КП) микроволн со стохастически прыгающей фазой (МВСПФ) на порядок величины выше, чем КП широкополосной регулярной электромагнитной волны (ШПРЭВ) с той же спектральной плотностью энергии; 2) в особенности, при наклонном падении МВСПФ нагрев электронов наиболее существен, а, кроме того, электронная функция распределения имеет высокоэнергетичный «хвост»; 3) указаны необходимые условия для газового пробоя и высокочастотного разряда в источнике света в стохастических полях. Аномальное поведение коэффициента проникновения, условий пробоя, СВЧ-газового разряда и бесстолкновительного нагрева электронов связано с прыжками фазы МВСПФ.

На основе фундаментальных исследований (В.И. Голота и др.) в области низкотемпературной неравновесной плазмохимии разработан новый тип плазмохимического реактора с использованием тлеющего разряда высокого давления. Создан типоряд озонаторных установок с производительностью до 300 г/ч.

Классическая основополагающая работа, выполненная А.И. Ахиезером и Я.Б. Файнбергом, по открытию пучковой неустойчивости "задала работу" поколениям физиков, привела в итоге к созданию нового направления в физике плазмы – плазменной электронике и новых методов ускорения, к созданию в ННЦ ХФТИ (1995 г.) целого института – Института плазменной электронике и новых методов ускорения.

С 1949 года началась педагогическая деятельность Якова Борисовича Файнберга в качестве доцента, затем профессора Харьковского государственного университета. В течение более чем двадцатилетней преподавательской деятельности он читал лекции по физике и теории ускорителей и дополнительным главам электродинамики преимущественно для студентов-физиков старших курсов. Высокий научный уровень – основная черта его курса лекций. В основе педагогических взглядов Я.Б. Файнберга заложены два требования:

- научить учиться,
- понимать важнее, чем знать.

Отличительной чертой Я.Б. Файнберга как ученого является настойчивость в достижении цели. Он стремился все понять до конца и непременно получить экспериментальное доказательство. Яков Борисович придавал исключительное значение интуиции. И действительно, в большинстве случаев она его не подводила. Об этой стороне деятельности вот что рассказал его ученик профессор А.К. Березин: «Основной чертой творчества Я.Б. Файнберга является новизна и смелость научных идей, их всесторонняя теоретическая разработка, завершаемая обычно экспериментальной проверкой под его руководством и при непосредственном участии. Характерная особенность деятельности Я.Б. Файнберга - это целенаправленность теоретических исследований, всегда связанных с решением наиболее актуальных и прикладных задач» ([4], с. 67).

Яков Борисович считает, что профессиональный долг каждого ученого – воспитать учеников. На протяжении около 60 лет он много времени и внимания уделял талантливой молодежи. В то же время он никогда не говорил, что у него есть своя научная школа, хотя 25 докторов и 30 кандидатов физико-математических наук называют себя учениками школы академика Якова Борисовича Файнберга.

«Якову Борисовичу присуща удивительная черта, весьма редкая для физиков-теоретиков такого крупного научного масштаба, - это теснейшая связь с экспериментом, а точнее – прямое руководство экспериментальными исследованиями, – отмечал член-корреспондент НАН Украины В.Т. Толок. - Прямой результат такой деятельности академика Я.Б. Файнберга – создание им своей мощной широко известной научной школы. Один из конкретных результатов – открытие «Турбулентный нагрев и аномальное сопротивление плазмы». Для школы Файнберга характерна эффективная подготовка научных кадров наивысшей квалификации. Полагаю, что этой школе принадлежит рекорд ХФТИ по количеству (по отношению к общему числу сотрудников) подготовленных в ней докторов наук не только теоретиков (Н.А. Хижняк, П.В. Блюх, В.Д. Шапиро, В.И. Курилко, С.С. Моисеев, А.Н. Кондратенко, В.И. Шевченко, Н.С. Ерохин, Ю.П. Блюх, В.А. Буц, И.Н. Онищенко, В.И. Карась, В.И. Мирошниченко, В.В. Мухин, М.Г. Любарский), но, что ещё более важно, экспериментаторов (И.Ф. Харченко, А.К. Березин, Е.А. Корнилов, Ю.В. Ткач, Г.П. Березина, А.М. Егоров, И.И. Магда, В.А. Киселев, Л.А. Митин, Ю.Е. Коляда).

Чрезвычайно деликатный в повседневном общении с людьми Яков Борисович мог быть довольно резким в принципиальных вопросах, касающихся его любимой работы. Мне запомнился эпизод, когда он с места в зале бросил уничтожающую реплику во время некоего научного доклада одного из академиков: «Что за чушь Вы несёте!».

Все работы школы Файнберга отличаются высокой строгостью изложения и предельной чёткостью формулировок результатов.

Президент Национальной академии наук Украины, академик Б.Е. Патон отмечал: «Вы, Яков Борисович, легендарный, выдающийся физик, известный во всем мире. Зная Вас очень много лет, я всегда преклонялся и преклоняюсь перед Вашим могучим талантом, огромной трудоспособностью и большой человечностью. Вы воспитали замечательную научную школу физиков, которой гордится наша академия наук. Уверен, что Ваша школа будет и дальше развивать заложенные Вами идеи и замыслы, и внесет достойный вклад в мировую физику».

Академики Е.П. Велихов и Р.З. Сагдеев в отзыве о научной деятельности Я.Б. Файнберга писали: «Яков Борисович Файнберг – крупный советский физик, автор ряда основополагающих работ, приведших к созданию новых направлений в физике плазмы и физической электронике. Для него как для ученого прежде всего характерны оригинальность и смелость научных идей, глубокая физическая интуиция, тесная связь теоретических построений с экспериментом. Именно поэтому исследования, проведенные Я.Б. Файнбергом, завершились обнаружением столь большого числа новых физических явлений, среди которых пучковая неустойчивость, плазменно-пучковый разряд, переменного-фазовая фокусировка в ускорителях.

Пионерские исследования Я.Б. Файнберга по коллективным взаимодействиям в неравновесной плазме, приведшие к открытию пучковой неустойчивости, легли в основу нового быстро развивающегося направления в электронике – плазменной электронике СВЧ. Последующие работы Я.Б. Файнберга и его учеников в этой области включают экспериментальное обнаружение и построение теории плазменно-пучкового разряда, теоретические и экспериментальные исследования взаимодействия релятивистских пучков с плазмой, открытие явления пучкового нагрева.

Я.Б. Файнберг – один из инициаторов развития физики и техники линейных ускорителей в СССР. Он первым разработал теорию линейных ускорителей на бегущей волне, предложил идею переменного-фазовой фокусировки и построил теорию такой фокусировки. Наконец Я.Б. Файнберг является одним из авторов принципиально нового направления в физике ускорителей – направления коллективных методов ускорения.

Я.Б. Файнберг пользовался самым широким международным признанием как один из наиболее ярких и оригинальных ученых, связавших физику ускорителей и электронику с современной физикой плазмы.

Несмотря на столь высокое положение в научном мире, Яков Борисович был исключительно демократичен. Но вместе с тем он не терпел бездельников и людей, которые работают «от и до».

«Заниматься в науке надо тем, что нравится. Без вдохновения, как правило, ничего не получается», – сказал он как-то в минуту откровенности.

Профессор И.Н. Онищенко, ученик и долгие соратник Я.Б. Файнберга, отмечает: «Очень интеллигентный и тонкий человек в задушевных беседах, Яков Борисович мог превратиться в яркого, пылкого и экспрессивного оратора на семинарах и Ученых советах, сочетающего остроумие и игру разума с испепеляющим гневом при искажении научной истины или научной этики. Он обладал гипнотическими способностями заставить аудиторию (вне зависимости, студенты это или члены Ученого совета) слушать в его изложении самые сложные физические исследования. Зал слушателей всегда переполнен, все получали солидную дозу «научного адреналина»».

В.Д. Шапиро, профессор Калифорнийского университета в Сан-Диего (США), так описывает свой личный опыт общения со своим учителем Я.Б. Файнбергом: «Я всегда поражался его глубокой физической интуиции и способности воспроизвести физическую картину без серьезной математики...».

За выдающиеся научные заслуги Я.Б. Файнберг в 1964 г. был избран членом-корреспондентом АН УССР, а в 1979 г. – академиком. Яков Борисович Файнберг – заслуженный деятель науки УССР (1982 г.), председатель Научного совета «Плазменная электроника и новые методы ускорения заряженных частиц» Национальной академии наук Украины (1991-2005 г.), почетный академик Академии наук прикладной радиоэлектроники Украины, России и Белоруссии (1993 г.), лауреат Государственной премии Украины в области науки и техники (1996 г.), заслуженный Соросовский профессор (1995 г.). Он награжден орденом Трудового Красного Знамени (1988 г.), орденом «За заслуги» 3-й степени (1998 г.), орденом «За заслуги» 2-й степени (2003 г.), медалью «За Победу над Германией» (1945 г.), медалью «Захисникові Вітчизни» (2001 г.) и другими медалями.

Уходит время и уносит с собою эпоху расцвета Харьковского физико-технического института, уходят наши учителя. Наступает иная эпоха с совершенно непонятной перспективой развития науки. Я.Б. Файнберг в течение почти шести десятилетий оставался в числе самых авторитетных физиков-теоретиков нашей страны. Его научные труды признаны, они широко известны, на них ссылаются. Надо признать, что научный успех не вскружил ему голову, он всегда был чужд суете славы. На протяжении всей своей жизни Яков Борисович «боролся и искал, находил и не сдавался». И казалось бы, он мог позволить себе отдохнуть. Но Я.Б. Файнберг был неутомим в своих научных изысканиях. Он любил физику какой-то своей глубоко личной любовью. И поэтому неудивительно, что очень многие студенты-физики Харьковского национального университета им. В.Н. Каразина называют себя учениками академика Якова Борисовича Файнберга.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Академик АН СССР Антон Карлович Вальтер: Воспоминания близких и соратников. Х.: «ННЦ ХФТИ», 2000, 100 с.
2. В.В. Воробьев. Лев Ландау и «антисоветская забастовка физиков» // *Вопросы истории естествознания и техники*. 1999, № 4, с. 92-101.
3. Академик АН УССР Кирилл Дмитриевич Синельников: Воспоминания близких и соратников. Х.: «ННЦ ХФТИ», 2001, 261 с.
4. Ю.А. Храмов. История формирования и развития физических школ на Украине. К.: «Феникс», 1991, 216 с.

ЛИТЕРАТУРА О ЖИЗНИ И НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ Я.Б. ФАЙНБЕРГА

1. Академия наук Украинской ССР, 1982. К.: «Наук. Думка», 1983, с. 102: об академике АН УССР Я.Б. Файнберге, портр.
2. Академия наук Украинской ССР, 1985 / Гл. ред. Б.Е.Патон. К.: «Наук. Думка», 1986. с. 120, 362: об академике АН УССР Я.Б. Файнберге.
3. А.И. Ахиезер. Харьковская школа теоретической физики // *УФЖ*. 1985, т. 30, № 5, с. 657, 658, 661: о работах Я.Б. Файнберга по теории линейных ускорителей и плазменной электронике.
4. О.А. Вальднер, А.Д. Власов, А.В. Шальнов. Линейные ускорители. М.: «Атомиздат», 1969, с. 229: о работах Я.Б. Файнберга по теории линейных ускорителей.
5. В.И. Векслер. Проблема ускорения заряженных частиц // *Правда*. 1958, 29 марта. О предложенном Я.Б. Файнбергом методе ускорения заряженных частиц волнами плотности заряда в плазме.
6. А.Д. Власов. Теория линейных ускорителей. М.: «Атомиздат», 1965, с. 13: о работах Я.Б. Файнберга по теории линейных ускорителей.

7. Ю. Гущина. Проспект Курчатова, 31 // Красное знамя. 1972. 2 апр. О педагогической деятельности Я.Б. Файнберга.
8. Т. Демидов. Международная конференция физиков // Правда. 1956. 17 июня.
9. Т. Демидов. Международная конференция физиков // Правда. 1956. 14 июня. О предложении Я.Б. Файнбергом одного из вариантов коллективного метода ускорения.
10. Ю. Журавський, Б. Мигаль. Фронту і тилу // Веч. Харків. 1975. 17 берез. Об Я.Б. Файнберге – участнике Великой Отечественной войны.
11. История Академии наук Украинской ССР. К.: «Наук. Думка», 1979, с. 111, 122, 127, 179, 204, 206, 209, 595, 789: о научной деятельности Я.Б. Файнберга и его отдела.
12. Історія Академії наук Української РСР / Відп. ред. Б.Є. Патон. К.: «Наук. Думка», 1982, с. 109, 120, 124, 173, 190, 193, 195, 196, 581, 661, 725: о научной деятельности Я.Б. Файнберга и его отдела, портр.
13. Історія Академії наук Української РСР. К.: Голов. ред. УРЕ. 1967.
Кн. 1, с. 194: об избрании Я.Б. Файнберга членом-корреспондентом АН УССР 1964, с. 490, 495, 504, 522: о результатах.
Кн. 2, с. 60, 61, 651: о результатах.
14. Б.Б. Кадомцев, М.А. Леонтович. Физика плазмы // Октябрь и научный прогресс: В 2 кн. М.: «Изд-во АПН», 1967. Кн. 1, с. 244: о работах Я.Б. Файнберга по физике плазмы.
15. И.М. Капчинский. Теория линейных резонансных ускорителей. М.: «Энергоиздат», 1982, с. 6, 7: о работах Я.Б. Файнберга по теории линейных ускорителей протонов.
16. М.В. Келдыш. Ступени прогресса // Правда. 1970. 4 марта. Об экспериментальных исследованиях по плазменной электронике, проведенных Я.Б. Файнбергом с сотрудниками.
17. В.С. Коган. Кирилл Дмитриевич Синельников. К.: «Наук. Думка», 1984, с. 4, 86, 95-98, 107, 128, 129, 141: об Я.Б. Файнберге.
18. Б. Коновалов. Ускорители познания // Известия. 1969. 7 сент. О работах Я.Б. Файнберга по коллективному методу ускорения.
19. Б. Коновалов. Фабрика микромира // Неделя. 1963, 22-29 авг., с. 5: О работах Я.Б. Файнберга по ускорителям заряженных частиц.
20. Ю.П. Конюшная. Открытие советских ученых. М.: «Моск. Рабочий», 1979. с. 269-272: О Я.Б. Файнберге – соавторе открытия турбулентного нагрева и аномального сопротивления плазмы.
21. А.Н. Лебедев, А.В. Шальнов. Основы физики и техники ускорителей. В 3 т. / Т. 1. М.: «Энергоиздат», 1981. с. 13, 14, 17: О работах Я.Б. Файнберга по физике линейных ускорителей электронов.
22. Линейные ускорители ионов / Д.В. Каретников и др. М.: «Госатомиздат», 1962. 208 с. С. 6, 71: о работах Я.Б. Файнберга по теории ускорителей.
23. Л. Лукин, В. Орлов. Крылатое творчество // Известия. 1956. 14 июня. О фейерверке новых поистине революционных идей, содержащихся в работе Я.Б. Файнберга по коллективному методу ускорения.
24. Л. Лукин, В. Орлов. Успех советских физиков // Известия. 1956. 27 июня.
25. Н.С. Мамаев. Борис Павлович Асеев. М. 1998. с. 28-31: О научной деятельности Я.Б. Файнберга.
26. М. Мещеряков. Наука широких перспектив // Новое время. 1956, № 30, 19 июля, с. 26: о работах Я.Б. Файнберга по коренному усовершенствованию линейных ускорителей.
27. Н. Николаева. Странички из биографии института // Красное знамя. 1968. 6 янв. О работах Я.Б. Файнберга по теории линейных ускорителей и плазмы.
28. В. Орлов. Атом богатырский. М.: «Сов. Россия», 1962, 174 с. С. 99, 105: о докладах Я.Б. Файнберга на Женевской конференции 1956 года.
29. В. Орлов. Думы об океане // Огонек. 1958, № 38. С. 6-8. О работах Я.Б. Файнберга по проблеме управляемого термоядерного синтеза.
30. В. Орлов. Созидание из хаоса // Правда. 1969. 14 дек. О работах Я.Б. Файнберга и сотрудников по предсказанию и открытию эффектов пучковых неустойчивостей и возбуждению плазменных и электромагнитных колебаний при коллективном взаимодействии пучков заряженных частиц с плазмой.
31. Г. Остроумов. Соревнование со звездами // Известия. 1958. 30 марта. О предложении Я.Б. Файнберга об использовании плазмы в качестве волновода.
32. В.Н. Попов, В.І. Полурез, Ю.П. Дяченко. Учені вузів Української РСР. К.: «Вид-во Київ» ун-ту, 1968. С. 436: Об Я.Б. Файнберге, портр.
33. К.К. Прядкин, В.А. Стратиенко. Наука и молодежь // Красное знамя. 1969. 19 июня. О работе Я.Б. Файнберга.
34. Ю.М. Ранюк. Лабораторія № 1 ядерна фізика в Україні. Наукове видавництво «АКТА», 2001, 590 с.
35. В. Рыкунов. К солнечным кладовым // Соц. индустрия. 1972. 6 апр. Об открытии Я.Б. Файнбергом и другими учеными явления турбулентного нагрева и аномального сопротивления плазмы.
36. В. Сафронов. Через терня – до зірок // Наука і суспільство. 1972, № 3, с. 25, 26: О работах Я.Б. Файнберга.
37. В. Супруненко, А. Писаревський, І. Руденко. Приборкання непокірної плазми // Соц. Харківщина. 1972. 20 квіт. Об открытии Я.Б. Файнбергом и другими учеными явления турбулентного нагрева и аномального сопротивления плазмы.

38. В.Е. Тонкаль, В.М. Пелых, Б.С. Стогний. Академия наук Украинской ССР / Под ред. И.К. Походни. К.: «Наук. Думка», 1979. с. 274, 370: об Я.Б. Файнберге.
39. А.В. Танышина. Основатели харьковских научных школ в физике: Учеб. Пособие по истории физики: ч.1. –Х.: Изд-во Харьк. ун-та, 2002, 512 с.
40. А.В. Танышина. Засновники харківських наукових шкіл у фізиці. 2-е вид., перероб. І доп. К.: Академ-періодика, 2005, 630 с.
41. В. Трефилов. Три открытия // Правда Украины. 1976. 17 февр. Об Я.Б. Файнберге – соавторе открытия явления турбулентного нагрева и аномального сопротивления плазмы.
42. Файнберг Яков Борисович // Укр. Сов. Энцикл. 2-е изд. 1984. с. 449, портр.
43. Харьковский государственный университет 1805-1980: Ист. очерк / Отв. ред. И.Е.Тарапов. Харьков: Вища шк., 1980. С. 67, 112, 115: о педагогической деятельности Я.Б. Файнберга.
44. Харьковский физико-технический институт. К.: «Наук. Думка», 1978. с. 22: об Я.Б. Файнберге.
45. Н.А. Хижняк– физик-теоретик, радиофизик и Человек. Харьков, ИПП «Контраст», 2006, 458 с. Об Я.Б. Файнберге.
46. Ю.О. Храмов. Фізика: Довід. К.: «Наук. Думка», 1974. С. 25, 454, 461: об Я.Б.Файнберге.
47. Ю.А. Храмов. Биография физики: Хронол. справ. / Отв. ред. А.Г. Ситенко. К.: «Техника», 1983. С. 211, 233, 241, 251: об Я.Б.Файнберге.
48. Ю.А. Храмов. История формирования и развития физических школ на Украине. К.: «Феникс», 1991. С. 66-67: о научной школе Я.Б. Файнберга.
49. Ю.А. Храмов. Физики: Биогр. справ. К.: «Наук. Думка», 1977. С. 25: об Я.Б. Файнберге.
50. Ю.А. Храмов. Физики: Биогр. справ. М.: «Наука», 1983. С. 270-271: об Я.Б. Файнберге, портр.
51. Э.В. Шпольский. Пятьдесят лет советской физике // УФН. 1967. 92, вып. 2. С. 233: о работах Я.Б. Файнберга по физике взаимодействия пучков с плазмой.
52. Якову Борисовичу Файнбергу – 60 лет / Б.Е. Патон, А.И. Ахиезер, Б.И. Веркин, В.Е. Иванов, Б.Б. Кадомцев, Р.З. Сагдеев, М.Ф. Стельмах, М.С. Рабинович, В.Т. Толок // Физика плазмы. 1978. 4, в. 5. С. 967-968, портр.
53. Якову Борисовичу Файнбергу – 80 лет / В.И. Карась, К.Н. Степанов от имени редакционной коллегии журнала // Физика плазмы. 1998, 24, вып. 12. С. 1151-1152, портр.
54. Якову Борисовичу Файнбергу – 85 лет / Редакционная коллегия журнала // Физика плазмы. 2003, 29, вып. 12. С. 1070-1071, портр.
55. 50 лет Харьковскому физико-техническому институту АН УССР. К.: «Наук. Думка», 1978, с. 5, 212: об отделе и научных исследованиях Я.Б. Файнберга.
56. 60 лет Я.Б. Файнбергу // Вісн. АН УРСР. 1978, № 10, с. 100.
57. An easier way with particles. Soviet physicists idea // The Times. 1956. 14 June. О работах Я.Б. Файнберга по ускорению заряженных частиц.
58. M.N. Blewett. CERN Symposium on High-Energy Accelerator and Pion Physics // Physics Today. 1956. с. 20, 21: о работах Я.Б. Файнберга по ускорению заряженных частиц.
59. Collective methods of acceleration // Proc. 3rd Internal conf. on collective methods of acceleration. University of California, May 22-25, 1978 / By editors N. Rostoker, M. Reiser. Amsterdam: Harwood academic publishers, 1979. т. 2. с. 3-27: о работе Я.Б. Файнберга по ускорению заряженных частиц волнами плотности заряда в плазме.
60. T.G. Pickavance, G.H. Stafford. Geneva Conference // Nature. 1956. С. 177, 178: о работах Я.Б. Файнберга по коллективному методу ускорения.