

А. Ц. АМАТУНИ, Г. М. ГАРИБЯН

К РАЗВИТИЮ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ В СОВЕТСКОЙ АРМЕНИИ

Введение

Теоретическую физику можно считать одной из самых молодых наук в Армении. Она получила свое развитие в основном за последнее десятилетие. Это обстоятельство тесно связано с общим прогрессом в военные и послевоенные годы в Армении физики вообще и физики элементарных частиц в особенности. Развитие физики во многом обусловлено работой в республике академиков А. И. Алиханова (в начальный период) и А. И. Алиханяна с его сотрудниками. По образному выражению П. Ланжевена, физика является колоссом, стоящим на двух ногах, одна из которых — экспериментальная физика, другая — теоретическая; и этот колосс может двигаться вперед, только если он работает обеими ногами. Развитие экспериментальной физики требовало также создания кадров квалифицированных физиков-теоретиков.

Подготовка кадров физиков-теоретиков шла в основном через аспирантуру. Многие из аспирантов Института физики АН АрмССР проходили подготовку в Москве у таких наиболее видных представителей советской теоретической физики, как проф. Д. И. Блохинцев, Н. Н. Боголюбов, А. А. Власов, В. Л. Гинзбург, Л. Д. Ландау, А. Б. Мигдал, И. Я. Померанчук, И. Е. Тамм, К. А. Тер-Мартirosян, С. В. Тябликов, Е. Л. Фейнберг и др. В аспирантуру отбирались способные молодые физики из числа окончивших Ереванский и Московский университеты, а также другие высшие учебные заведения страны.

Большое участие в подборе молодых специалистов и в организации их дальнейшего обучения в аспирантуре принимала Академия наук Армении в лице ее президента В. А. Ам-

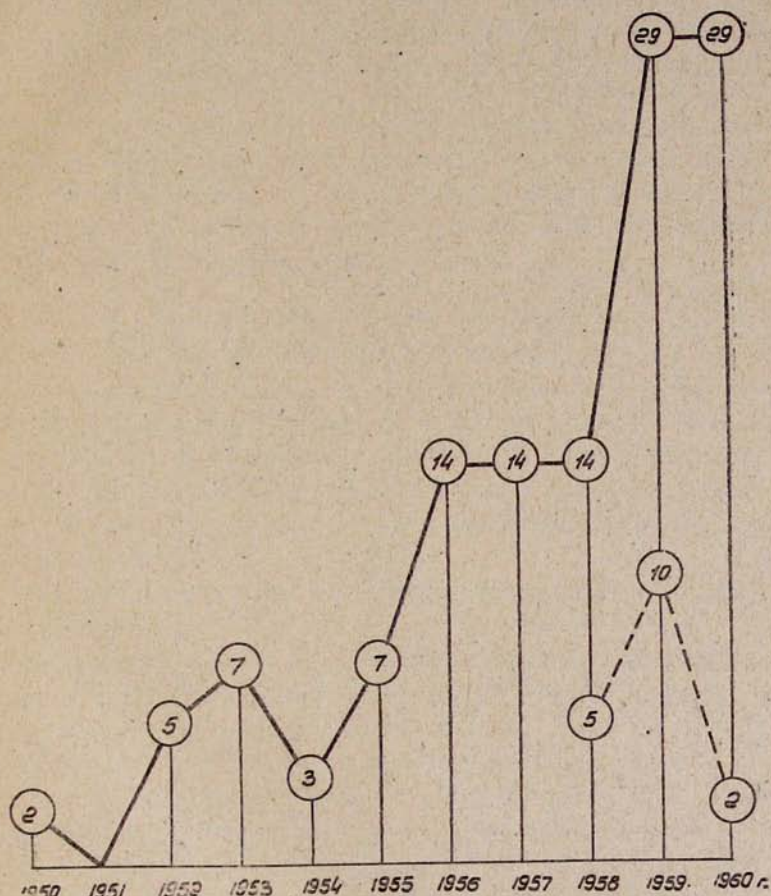
барцумяна и директора Физического института А. И. Алиханяна. Многие из будущих физиков-теоретиков во время обучения в аспирантуре пользовались вниманием и поддержкой со стороны А. И. Алиханяна, который всегда придавал большое значение теоретической физике и активно содействовал ее развитию в Армении.

Важным звеном в подготовке кадров физиков-теоретиков до их поступления в аспирантуру явилась кафедра теоретической физики Ереванского государственного университета, созданная впервые в 1938 г., которая существовала до 1941 г.; вторично была организована в 1950 г. На физико-математическом, а впоследствии на физическом факультете осуществлялась специализация по теоретической физике, кафедрой которой долгие годы деятельно возглавлял Г. С. Саакян. В дальнейшем почти все физики-теоретики в той или иной мере принимали участие в работе кафедры по подготовке молодых специалистов. Поскольку в данном обзоре преследуется цель показать развитие теоретической физики как науки, мы не будем более подробно останавливаться на той большой работе, которая была проведена за эти годы Ереванским государственным университетом по постановке преподавания теоретической физики.

В настоящем обзоре делается первая попытка подвести итог пройденного этапа развития теоретической физики в Армении. При этом авторы сочли целесообразным в первой части обзора остановиться на основных научных достижениях армянских теоретиков во время их пребывания в аспирантуре, а затем на результатах их последующих исследований в том же направлении. Во второй части дается изложение трудов, выполненных армянскими теоретиками в последующие годы. В третьей части приведен обзор работ по теории электронного ускорителя с жесткой фокусировкой. Эти работы были выполнены в период 1957—1960 гг. в связи с проектированием и сооружением электронного синхротрона на большие энергии при Физическом институте АН АрмССР в Ереване.

В списке литературы, приводимом в конце статьи, дан полный перечень всех работ по теоретической физике, выполненных специалистами, работающими в Армении. На графиче-

ке 1 приводится количество вышедших в свет работ по теоретической физике по годам (пунктирными линиями отмечены работы по теории ускорителя). На графике 2 указано число научных работников, опубликовавших работы по теоретической физике по годам.

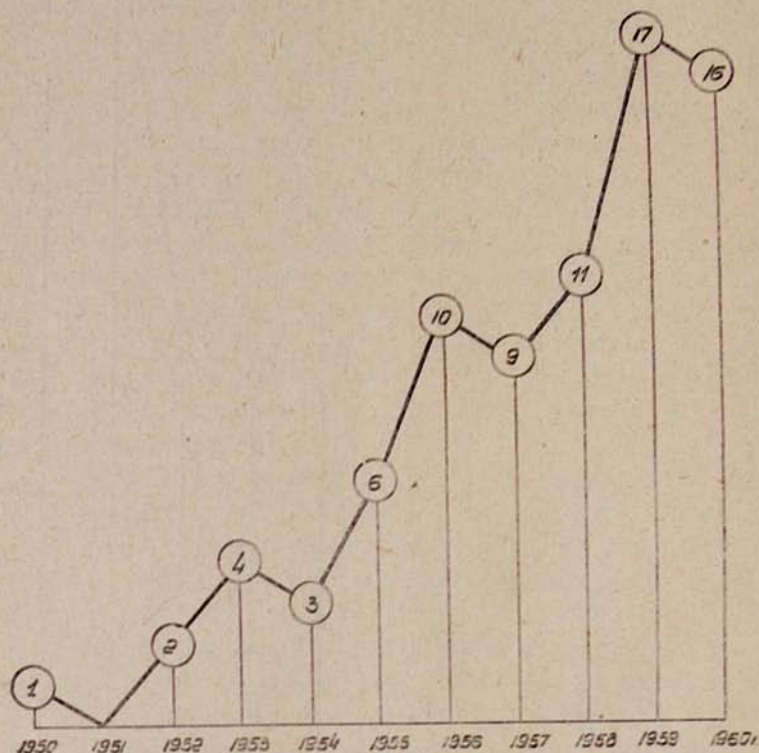


Фиг. 1

Поскольку для авторов предлагаемый обзор является первой пробой пера в данной области, то неизбежны определенные недостатки и промахи, незамеченные нами. Кроме того, мы хотели бы отметить многообразие рассматриваемого материала, что зачастую предопределяло схематичность изложе-

ния некоторых частей. Наконец, излагаемый материал не успел достаточно устояться и пройти испытание временем, ввиду чего в оценке тех или иных работ вполне возможна доля субъективизма.

При подготовке настоящего обзора авторы старались показать пути развития теоретической физики в Армении не обособлено, а во взаимосвязи с общим развитием физики как в СССР, так и за границей. При этом по возможности отме-



Фиг. 2

чались как работы, послужившие армянским теоретикам в той или иной мере отправным пунктом для выполнения соответствующих работ, так и те теоретические и экспериментальные исследования, которые стимулировались результатами работ, выполненных в Армении.

Армянские теоретики испытали на себе благотворное влияние различных школ советской теоретической физики.

Достигнутый ныне уровень развития теоретической физики в Армении был бы немыслим без тесной связи с ведущими московскими физиками-теоретиками. В ходе дальнейшей работы эти связи крепили и развивались.

Как будет видно из нижеследующего обзора, теоретическая физика в Армении имеет ряд существенных достижений. В настоящее время у нас имеется активно работающий коллектив физиков-теоретиков, постоянно пополняющийся за счет притока молодых научных сотрудников. Еще рано говорить об армянской школе теоретической физики, но есть все основания утверждать, что уже созданы все предпосылки для дальнейшего интенсивного развития в Армении как теоретической, так и экспериментальной физики.

1. Работы, выполненные вне Армении, и их дальнейшее развитие

Как уже упоминалось, в этом разделе будут освещены работы, выполненные главным образом под руководством ведущих московских физиков-теоретиков. В целом ряде случаев идеи и методики этих работ получали дальнейшее самостоятельное развитие и послужили основой для изучения смежных вопросов.

Все эти исследования также будут рассмотрены в настоящем разделе.

Несмотря на большое разнообразие проблем, освещаемых в этой части обзора, существуют группы работ, близких по кругу рассматриваемых вопросов¹.

Одну из таких групп составляют научные труды Г. С. Саакяна, Г. М. Гарибяна и М. Л. Тер-Микаеляна, общим для которых является развитие теории тормозного излучения.

В работах Г. С. Саакяна [4, 10] учтено влияние размеров ядра на тормозное излучение быстрых электронов. Полученные автором результаты показывают, с помощью каких экспериментов по рассеянию и тормозному излучению электронов можно получить важные сведения о размерах ядра. Отметим, что в последние годы такого типа эксперименты успешно проводятся на больших электронных ускорителях.

¹ Ниже цифры, набранные петитом, относятся к подстрочным примечаниям и ссылкам. Цифры в квадратных скобках—ссылки на работы, помещенные в списке в конце статьи.

В работе [5] было исследовано влияние диссоциации нуклона на упругое рассеяние электронов.

В работах Г. М. Гарибяна [8, 14] квантовоэлектродинамически рассмотрено тормозное излучение электрона в поле электрона (или позитрона) и рождение пар γ -квантом в поле электрона; при этом принималась во внимание отдача той частицы, в поле которой протекал процесс. Результаты, полученные этими исследованиями Гарибяна, отражены в монографии Ахнезера и Берестецкого², а также в обзорах Жозефа и Рорлиха³ и Коха и Мотца⁴.

В работах М. Л. Тер-Микаеляна [16, 17] рассмотрено интерференционное тормозное излучение и рассеяние сверхбыстрых электронов в кристалле. В отличие от имевшихся в то время представлений, было показано, что для тормозного излучения электронов больших энергий на ядрах становится существенной структура кристалла, хотя постоянная решетки при этом во много раз превышает длины волны электрона и излучаемого кванта. Это происходит потому, что для образования тормозного излучения существенны большие расстояния вдоль траектории частицы.

В дальнейшем этими вопросами занимался Юбераль⁵, который довел теорию явления до численных результатов для сопоставления их с экспериментом. Соответствующие эксперименты были проведены в США Пановским⁶, Фришем и Олсоном⁷ и в Италии — Болонья, Диамбрини и Муртас⁸.

Эксперименты^{7,8} подтвердили существование предсказанных теорией преимущественных направлений тормозного излучения быстрых электронов в кристалле.

В 1953 году Л. Д. Ландау и И. Я. Померанчуком было установлено, что учет многократного рассеяния приводит к уменьшению вероятности испускания жестких тормозных кван-

² А. Н. Ахнезер и В. Б. Берестецкий. Квантовая электродинамика. Физматгиз, Москва, 1959.

³ Rev. Mod. Phys. — 30, 354, 1958.

⁴ Rev. Mod. Phys. — 31, 920, 1959.

⁵ Phys. Rev. — 103, 1055 (1956); CERN — 58—21. September, 1958.

⁶ Phys. Rev. L. — 2, 219 (1959).

⁷ Phys. Rev. L. — 3, 141 (1959).

⁸ Phys. Rev. L. — 4, 134, 572 (1960).

тов сверхбыстрой заряженной частицей. Тер-Микаелян [18, 25], в развитие своей предыдущей работы, показал, что это рассмотрение должно быть дополнено учетом поляризации среды. Именно нужно учесть отличие скорости распространения фотонов в среде от скорости распространения в вакууме. Учет этого обстоятельства приводит к подавлению тормозного излучения также и в мягкой части спектра. Впоследствии А. Б. Мигдал⁹ создал теорию тормозного излучения в среде, учитывающую оба эти эффекта.

Сравнение результатов вышеуказанных теоретических рассмотрений с экспериментом было проведено в ряде работ (Варфоломеев и Светлолобов¹⁰, Варфоломеев, Герасимова, Гуревич и др.¹¹, Фаулер, Перкинс и Пинкау¹²), которые подтвердили наличие эффекта подавления тормозного излучения средой.

Отмеченные выше работы Тер-Микаеляна вошли в обзоры Фейнберга¹³ и Фейнберга и Померанчука¹⁴.

В работе И. И. Гольдмана [13] рассмотрено изотопическое смещение в атомных спектрах, возникающее благодаря различию масс и размеров ядер изотопов. В частности, показано, что учет взаимного влияния оптического электрона и электронов внутренних оболочек атома устраняет расхождение теории и эксперимента, особенно резко проявляющееся у средних элементов периодической системы. Результаты этой работы были использованы в теоретической работе Юциса и сотрудников¹⁵, а также Донцовым¹⁶ при обработке полученных им экспериментальных данных (см. также обзор Стриганова и Донцова¹⁷).

В другой работе И. И. Гольдмана [12] показана необходимость учета деформации внутренних электронных оболо-

⁹ ДАН СССР — 96, 49 (1954); ЖЭТФ — 32, 633 (1957).

¹⁰ ЖЭТФ — 36, № 6 (1959).

¹¹ Proc. 1958 Ann. Rochester. Conf. High-Energy particles at CERN, App. 1, p. 297, Geneva; ЖЭТФ — 38, 33 (1960).

¹² Phil. Mag. — 4, 1030 (1959).

¹³ УФН — 58, 193 (1956).

¹⁴ Supp. N. C. — 3, 652 (1956).

¹⁵ ЖЭТФ — 25, 681 (1953).

¹⁶ Оптика и спектроскопия — 8, 446 (1956).

¹⁷ УФН — 55, 315 (1955).

чек оптическим электроном при определении квадрупольных моментов ядер из экспериментов по сверхтонкой структуре спектральных линий. Этот эффект обсуждается в экспериментальной работе Калитевского и Чайка¹⁸.

Кандидатская диссертация Л. М. Африкяна [26, 28] посвящена вопросам образования и аннигиляции антипротонов, частиц, в то время еще не открытых. Вопрос о существовании и свойствах антипротона приобрел к тому времени большую актуальность в связи с возможностью получения этих частиц на новых мощных ускорителях. В рамках зарядно-инвариантной псевдоскалярной мезонной теории Африкяном были рассчитаны сечения рождения антипротонов при пион-нуклонных и нуклон-нуклонных соударениях. Открытие Сегре и его сотрудников (удостоившихся за это Нобелевской премии) антипротонов в 1955 г. стимулировало выполнение Африкяном своей работы [35]. В ней были выведены правила отбора при аннигиляции антипротонов на несколько пионов. Эти правила были получены, исходя из требования совместного сохранения зарядовой и пространственной четностей и углового момента.

Труды А. Ц. Амадуни [31, 34, 42, 56] посвящены теории антиферромагнетизма. В основу расчетов была положена теория элементарных возбуждений Боголюбова-Тябликова, позволяющая более полно исследовать основное, а следовательно, и возбужденные состояния анизотропного антиферромагнетика. Полученные им результаты относительно зависимости намагниченности и магнитной восприимчивости одноосных антиферромагнетиков подтверждаются экспериментальными данными. Эти работы были отражены в докладе Боголюбова и Тябликова¹⁹ и в обзоре Шиклоша²⁰.

Начиная с 1956 года В. А. Джрбашяном была выполнена серия работ, посвященных теории мезоатомных переходов. В работах [37, 44] рассмотрена угловая корреляция двух гамма-квантов, последовательно излучаемых при мезоатомных переходах.

¹⁸ Оптика и спектроскопия —1, 606 (1956).

¹⁹ Изв. АН СССР —21, 849 (1957); Материалы III Совещания по физике магнитных явлений.

²⁰ Magyar fiz. folyóirat —6, 579 (1958).

Экспериментальное исследование этого явления могло бы дать дополнительные данные о значении спина μ -мезона, которое в то время не было еще точно установлено. Дальнейшее развитие этих работ [57, 60] было посвящено исследованию влияния ориентации спина μ -мезона на угловую корреляцию гамма-кванта. В частности, было показано, что величину и направление поляризации μ -мезона можно получить, если исследовать циркулярно поляризованные гамма-кванты.

В связи с открытием Ли и Янгом в 1956 г. несохранения четности при слабых взаимодействиях, стал интенсивно изучаться вопрос о степени поляризации μ -мезонов. В работе Ледермана с сотрудниками (1957) было установлено, что μ -мезоны при захвате на орбиту мезоатома и последующих переходах сильно деполяризуются. Опираясь на методику, использованную им в предшествующих работах, Джрбашян [78] показал, что эта деполяризация целиком обусловлена сильным спин-орбитальным взаимодействием, и впервые получил численное значение деполяризации μ -мезона. Эти результаты в достаточной степени подтверждены экспериментально. Кроме того, им было выяснено, что влияние магнитного момента электронной оболочки компенсируется в среде.

Последующие эксперименты, проведенные в Объединенном Институте ядерных исследований Егоровым, Игнатенко и Чултым²¹, полностью подтвердили эти результаты (см. также работу Вайсенберга и сотрудников²²). Работа Джрбашяна [78] по деполяризации μ -мезонов была освещена в обзорных докладах А. И. Алиханова и Р. Маршака (США) на Киевской конференции по физике высоких энергий 1959 года.

В дальнейшем ходе работы [86] В. А. Джрбашян получил точные формулы углового распределения циркулярно поляризованного гамма-кванта, излучаемого при мезоатомных переходах, с учетом деполяризации μ -мезона. Исследуя угловое распределение и угловую корреляцию излучений ядер с ориентированными электронными оболочками, Джрбашян [80] обобщил известные формулы корреляции на случай наличия

²¹ ЖЭТФ — 37, 1517 (1959).

²² ЖЭТФ — 39, 1198 (1960).

ориентированной электронной оболочки и вывел формулу для углового распределения в этом случае.

Исследования Э. Т. Меликяна [41, 46] посвящены внутреннему комптон-эффекту. Им получены формулы для дифференциальной вероятности этого эффекта, а также для комптон-эффекта при парной конверсии. Формулы получены в борновском приближении для электрического и магнитного переходов ядер любой мультипольности.

М. А. Агзумцян [27, 108, 117] рассмотрены некоторые вопросы рассеяния мезонов на нуклонах. В частности, задача решалась и в рамках нелинейной теории поля.

Квантовой теории поля посвящены работы Р. В. Тевикиана и В. А. Шахбазяна. В работах Тевикиана [29, 47, 48, 53] в приближении Блоха-Нордсика найдено решение уравнений Швингера, а также найдена p -электронная функция Грина. Далее [50], используя ренормализационную группу Боголюбова, Тевикиан добился улучшения формул теории возмущений для некоторых электродинамических процессов с учетом диаграмм поляризации вакуума. Шахбазяном [101, 102, 134] исследованы некоторые задачи скалярной квантовой электродинамики (инфракрасная катастрофа, двухзарядовая ренормализационная группа и др.).

В работах В. М. Арутюняна, выполненных совместно с А. А. Соколовым, Б. К. Керимовым и Р. М. Мурадяном [79, 85, 125], вычислены фазы рассеяния релятивистского электрона во втором борновском приближении для произвольного сферически-симметричного поля.

С использованием этих результатов рассмотрено влияние конечных размеров рассеивающего центра на поляризацию электронов и других заряженных частиц.

Теория плазмы представлена исследованиями двух направлений — магнитогидродинамическим и газовойкинетическим. В работах Р. С. Оганесяна [40, 70, 82, 131, 132] в магнитогидродинамическом приближении рассмотрены вопросы гравитационной устойчивости плазмы различных конфигураций, а также влияние внешнего магнитного поля на устойчивость. Некоторые результаты этих работ могут иметь применение в астрофизике. Работы С. М. Хзарчяна [100, 107] посвя-

щены теории нелинейных колебаний плазмы, которые анализируются с помощью кинетического уравнения. Основным результатом здесь является изучение существенно нелинейного эффекта — переноса вещества волнами. Исследована зависимость этого эффекта от температуры и внешнего магнитного поля.

По теории физики многомолекулярных соединений В. М. Асланяном совместно с М. В. Волькенштейном выполнена работа [90], в которой предложена теория влияния межмолекулярного взаимодействия на оптическую активность. Эта теория применима к растворам активных веществ в полярных и неполярных растворителях.

2. Некоторые направления развития теоретической физики в Армении

Физики-теоретики Армении не могли остаться безучастными к задачам, волновавшим экспериментаторов Физического института АН АрмССР, занятых исследованием космических лучей. В результате такого творческого контакта теоретиков и экспериментаторов появилась целая группа работ, посвященных теории космического излучения.

При экспериментах с космическим излучением было важно знать число π -мезонов с различными энергиями, присутствующих в потоке космических лучей в атмосфере.

Непосредственное экспериментальное определение этой величины затруднено рядом обстоятельств. Однако спектр и высотный ход другой компоненты космического излучения μ -мезонов, являющихся продуктами распадов π -мезонов, экспериментально хорошо известны.

Используя это обстоятельство, Г. М. Гарибян и И. И. Гольдман [19] с помощью кинетического уравнения для функции распределения μ -мезонов получили энергетический спектр π -мезонов в атмосфере на разных высотах. Работа эта была удостоена премии Президиума АН СССР.

К этой работе примыкает работа И. И. Гольдмана [59], посвященная вычислению степени поляризации μ -мезонов в космическом излучении. В ней впервые правильно была под-

считана степень поляризации μ -мезонов, образовавшихся в результате распадов π -мезонов. Одновременно здесь была рассчитана также степень поляризации μ -мезонов, образовавшихся в результате распадов K -мезонов космического излучения, причем было показано, что в силу большой массы и падающего характера спектра K -мезонов космического излучения поляризация соответствующих μ -мезонов должна быть почти полной. Это обстоятельство позволяет путем экспериментального определения поляризации μ -мезонов высокой энергии в космических лучах устанавливать долю μ -мезонов, образовавшихся от π - и K -мезонов. Тем самым это даст сведения о числе π - и K -мезонов, возникших при ядерных столкновениях частиц высоких энергий.

Экспериментальные исследования в этом направлении были проведены и ведутся в настоящее время как в Советском Союзе²³⁻²⁶, так и в США²⁷⁻²⁸.

Одним из важных вопросов в космическом излучении является исследование спектров нуклонной компоненты на разных высотах. Сравнение этих спектров может дать сведения о характерных особенностях ядерных взаимодействий при высоких энергиях.

В трудах Вернова, Зацепина, Григорова и сотрудников из анализа полученных ими экспериментальных данных делалось заключение, что в ядерных столкновениях нуклонов высоких энергий (выше 3 Бэв) с легкими ядрами в среднем только одна треть энергии первичной частицы идет на образование мезонов, а остальная часть уносится одним быстрым нуклоном.

²³ Н. М. Кочарян и др. ДАН АрмССР — 29, 17 (1959), ЖЭТФ — 38, 18 (1960).

²⁴ Б. А. Долгошеин и др. Некоторые вопросы экспериментальной физики. Вып. 2, Атомиздат, 1959.

Б. А. Долгошеин и др. Труды Международной конференции по космическим лучам, 1959 г. Т. I, Москва, 1960.

²⁵ Т. Л. Асатиани и др. ДАН АрмССР — 31, 15 (1960).

²⁶ В. В. Бармин и др. ЖЭТФ — 39, 986 (1960).

²⁷ G. W. Clark, J. Hersil — Phys. Rev — 108, 1538 (1957).

²⁸ Сард и Джонсон. Труды Международной конференции по космическим лучам. 1959 г. Т. I, Москва, 1960.

Теоретическим исследованием этого вопроса занимался также Г. С. Саакян [39]. В этой работе была развита теория ядерного каскадного процесса в атмосфере. Полученные общие формулы были, в частности, использованы для вычисления энергетического спектра протонов на высоте горы Арагац (3200 м), исходя из известного спектра первичных нуклонов космического излучения. Далее теоретический спектр сравнивался со спектром, измеренным в Физическом институте АН АрмССР в лаборатории Кочаряна (1950—1955 гг.). Из сопоставления следовало, что пробег поглощения и тем самым средняя доля потерь энергии нуклонов существенно зависят от энергии. А именно, с ростом энергии эта доля увеличивается и при энергиях нуклонов порядка 1000 Бэв удар нуклона становится полностью неупругим. Этот результат смыкается с статистической теорией ядерных столкновений Ферми-Ландау.

В работе М. Л. Тер-Микаеляна [77] был предложен метод вычисления кривых многократного рассеяния, принимающий во внимание конечные размеры ядра. В вычислениях были использованы экспериментальные результаты рассеяния быстрых электронов на ядрах. Результаты работы Тер-Микаеляна сопоставлялись с экспериментами, проведенными в Физическом институте АН АрмССР А. И. Алиханяном и Ф. Р. Арутюняном²⁹⁻³⁰ по многократному рассеянию протонов, π - и μ -мезонов космического излучения в некоторых веществах. В отношении μ -мезонов полученные экспериментальные результаты в пределах точности эксперимента хорошо согласуются с теорией, предложенной в статье [77]. Что касается протонов и π -мезонов, то расхождение теоретической кривой с экспериментом обусловлено дифракционным рассеиванием, вклад которого оценивается из сравнения с теорией.

Теории космического излучения посвящено еще несколько работ [21, 22, 24, 43].

²⁹ Арутюнян Ф. Р. ЖЭТФ—34, 900 (1958); 36, 985 (1959); Изв. АН АрмССР, 12, 77 (1959).

³⁰ Алиханян А. И. и Арутюнян Ф. Р. ЖЭТФ—36, 32 (1959); Nuc. Phys.— 10, 244, (1959).

В потоке космического излучения сама природа предоставляет нам элементарные частицы с очень высокими энергиями, которые пока еще нельзя получить на современных, даже самых мощных ускорителях. Исследуя взаимодействия таких частиц с нуклонами или ядрами вещества, физики получают важные сведения о внутренних свойствах элементарных частиц; при этом очень важно знать энергию частиц, вызвавших тот или иной процесс. Существующие способы измерения энергии частиц имеют тот существенный недостаток, что для сверхбыстрых частиц они недействительны. В частности, методы, в основе которых лежат измерения ионизирующей способности, или черенковского излучения частиц, становятся неэффективными при высоких энергиях в силу того, что эти процессы достигают своего насыщения.

Из известных механизмов электромагнитных потерь энергии частиц только переходное излучение, впервые теоретически установленное в 1946 г. В. Л. Гинзбургом и И. М. Франком, приводит к логарифмическому росту потерь с ростом энергии в случае, если рассматривается переходное излучение, испускаемое назад относительно направления движения частицы. Это обстоятельство послужило причиной того, что Г. М. Гарибяном было начато детальное исследование свойств этого излучения [54, 63, 65, 68, 83]. В этих работах сравнительно просто удалось получить искомое решение за счет специального выбора полей излучения в среде.

Задача о переходном излучении назад на одной границе рассматривалась также Н. А. Корхмязином методом изображений при перпендикулярном и наклонном падении заряда на границу [45, 74].

В 1959 году Гарибяном было установлено [96], что переходное излучение крайне релятивистской частицы направлено в основном вперед и спектр излучения главным образом содержит кванты с частотами, значительно превышающими оптические. Полная потеря частицей энергии на переходное излучение вперед оказалась прямо пропорциональной энергии частицы. В этой же работе было установлено, что насыщение в ионизационных потерях при больших энергиях частиц в тонких пластинках вещества (эффект плотности) отсутствует.

Появление указанной работы стимулировало ряд дальнейших исследований по теории переходного излучения. Амагуни и Корхмазян [135] рассмотрели влияние размытости границы среды на переходное излучение вперед. При этом было показано, в частности, что если область размытости границы не превышает зон формирования излучения, то размытость границы оказывается несущественной для переходного излучения. Поэтому, хотя реальная «резкая» граница практически всегда размыта на расстояниях порядка нескольких атомных размеров, в силу указанного выше обстоятельства это не сказывается на переходном излучении, поскольку зоны формирования излучения для релятивистской частицы намного больше атомных размеров.

В работах Померанчука и Гарибяна [103], Гольдмана [129] и Гарибяна [133] исследовался вопрос о влиянии многократного рассеяния на переходное и тормозное излучение. Было показано, что учет многократного рассеяния приводит к тому, что, начиная с некоторой энергии частицы, спектр переходного излучения обрывается на высоких частотах, и одновременно на этих и еще более высоких частотах появляется дополнительное (за счет границы) тормозное излучение.

Помимо указанных работ, теории переходного излучения посвящен ряд статей [91, 92, 124, 126, 127, 128], а также³¹.

Малая интенсивность переходного излучения, испускаемого элементарной частицей при пролете через одну границу раздела сред, делает невозможным измерение интенсивности излучения с целью определения энергии частицы. В этой связи интересно изучение возможности увеличения интенсивности переходного излучения путем пропускания элементарной частицы через большое число пластин вещества. Решение этой задачи в общем виде для произвольного числа пластин было дано³² в работе Гарибяна [65].

³¹ К. А. Барсуков. ЖЭТФ —37, 1106 (1959); ЖЭТФ —30, 1337 (1959); К. А. Барсуков и Б. М. Болотовский. Известия высших учебных заведений, сер. радиофиз., 3, 336 (1960).

³² Для бесконечного числа пластин общее решение было дано в работе Фейнберга и Хижняка. ЖЭТФ—33, 883 (1957).

В дальнейшем детальное изучение различными методами излучения заряженной частицы в слоистой среде в заоптической части спектра было проведено в ряде работ.

В работах Тер-Микаеляна [136] и Тер-Микаеляна и Газаяна [143] эта задача исследована в квазиклассическом приближении. Полученное характерное для слоистой среды излучение авторами было названо резонансным.

Аматуни и Корхмазян [140] проанализировали задачу с помощью уравнения Матве, и получили решение для нулевой и первой гармоник как для оптической, так и заоптической части спектра.

В работе Гарибяна и Гольдмана [141] проведено исследование заоптической части спектра на базе общего решения, данного в статье [65].

Изучение различных электродинамических процессов в среде в классическом приближении было дополнено в ряде работ армянских теоретиков квантово-электродинамическим подходом. Так, необходимость учета отдачи заряженной частицы, испускающей переходное излучение, обусловило появление работы Г. М. Гарибяна [142], в которой развита феноменологическая квантовая электродинамика двух сред и дано затем ее применение к теории переходного излучения. При этом было показано, что учет отдачи мало влияет на основную часть переходного излучения и квантово-электродинамическая формула без учета отдачи совпадает с классической.

В серии работ Г. С. Саакяна [94, 104, 105, 123] рассмотрены различные квантово-электродинамические эффекты в среде: рождение и аннигиляция пар, индуцированное тормозное излучение и поглощение, индуцированное черенковское излучение. В этих работах показано, что наличие достаточно плотной среды в ряде случаев оказывает существенное влияние на упомянутые выше процессы; некоторые процессы, такие, как, например, однофотонная аннигиляция пар, которая не может протекать в вакууме, имеют место в среде.

Поскольку для рассмотрения указанных вопросов необходимо было знать дисперсионные свойства среды при боль-

ших плотностях и температурах, Саакян исследовал эти свойства [114, 118, 120].

В работах М. Л. Тер-Микаеляна [69, 122] рассмотрен вопрос построения ковариантной квантовой электродинамики в среде, а также радиационные поправки к рассеянию электрона с учетом влияния среды. Оказалось, что при определенных условиях на угол рассеяния электрона влияние среды может быть существенным.

Работы Л. М. Африкяна последнего времени посвящены рассмотрению ряда квантово-электродинамических эффектов. В работе [36] автор обращает внимание на возможность получения из результатов изучения тонкой структуры уровней μ -мезоводорода данных, с одной стороны, о внутренней структуре протона и, с другой — о границах применимости квантовой электродинамики.

Исследуя генерацию пар μ -мезонов γ -квантами в поле ядра, Африкян вычислил поперечник образования пар μ -мезонов в случае, когда отрицательный μ -мезон является связанным [38]. При этом оказалось, что при особенно малых зарядах ядра образование μ^+ -мезона и μ -мезоатома может быть более вероятно, нежели образование пары свободных μ -мезонов. В другой работе [49] Африкян приводит результаты вычислений, сделанных в пороговой области энергий для эффекта образования электронно-позитронных пар при соударении отрицательных μ -мезонов с атомными ядрами.

Работа Африкяна и Гарибяна [51] посвящена рассмотрению ряда электромагнитных эффектов с участием сильно-взаимодействующих частиц. Расчеты были проведены в рамках квантовой электродинамики путем введения форм-факторов. Исследование показало, что изучение подобных эффектов может быть использовано для получения сведений о структуре и свойствах сильно-взаимодействующих частиц.

Африкян простым и изящным способом получил эффективное сечение в области больших энергий для образования двух электронно-позитронных пар при соударении электрона с атомным ядром [52]. Была вычислена также вероятность ана-

логичного процесса под влиянием падающего на ядро фотона. Указанные процессы соответствуют 5-му и 6-му приближениям теории возмущений, вследствие чего их непосредственный расчет весьма затруднителен. Автору удалось выразить соответствующие поперечники через эффективное сечение для тормозного излучения двух γ -квантов и значение коэффициента парной конверсии γ -лучей.

Рассмотренные выше работы Африкяна [36, 38, 49, 51, 52] выполнены за последние полтора года его жизни. Безвременная кончина Левона Мелколовича Африкяна в сентябре 1957 года явилась большой утратой для нашей теоретической физики.

Выяснению границ применимости квантовой электродинамики на малых расстояниях посвящены две работы К. А. Тер-Мартirosяна и Г. В. Авакяна [95, 97]. В них показано, как, экспериментально исследуя рассеяние электронов на электронах и на ядрах гелия, можно получить данные об электрическом и магнитном форм-факторах электрона.

Экспериментальное исследование границ применимости квантовой электродинамики может быть проведено, если измерить с высокой точностью аномальный магнитный момент электрона или p -мезона. В работах Ю. Ф. Орлова и С. А. Хейфеца [61, 115] рассмотрены существенные для одного из вариантов такого эксперимента вопросы о деполяризации частиц из-за излучения в однородном магнитном поле, а также деполяризация пучка частиц при движении в неоднородном магнитном поле. Оказалось, что излучение практически не деполяризует пучок; в работе [115] указаны способы уменьшения влияния неоднородности поля на поляризацию пучка.

В современной физике все возрастающую роль приобретает изучение рассеяния при больших энергиях частиц. При этом стандартные методы расчета рассеяния (борновское приближение, фазовый анализ) оказываются мало эффективными. С ростом энергии дебройлевская длина волны частицы, как известно, уменьшается, и это делает возможным применение в расчетах квазиклассического приближения. Такой подход к теории рассеяния быстрых частиц рассмотрен в

работе И. И. Гольдмана и А. Б. Мигдала [23], где дан метод нахождения волновой функции рассеянной частицы и функции Грина для трехмерных задач в квазиклассическом приближении. Преимущество принятого подхода состоит в возможности анализа рассеяния на несферически симметричном потенциале. В работе дано усовершенствование квазиклассического метода, позволяющее учесть экспоненциально малые эффекты при рассеянии. Это исследование явилось первым в серии работ, выполненных как в США, так и в Советском Союзе³³⁻³⁶, основной целью которых был теоретический анализ рассеяния высокоэнергичных электронов на (несферических) ядрах.

В заключение остановимся на некоторых трудах физиков-теоретиков, касающихся астрофизики и выполненных по предложению и в творческом контакте с сотрудниками Бюраканской обсерватории, главным образом с акад. В. А. Амбарцумяном.

Одной из таких работ является исследование Гарибяна и Гольдмана [20], посвященное вычислению поляризации излучения релятивистских электронов, движущихся в магнитных полях туманностей и звезд. В работах, проведенных в Бюраканской обсерватории по исследованию поляризации света звезд Домбровским и Крабовидной туманности — Домбровским и Хачикяном, было показано, что поляризация света достигает заметных значений. В частности, в случае Крабовидной туманности она оказалась в среднем порядка 30%, а в центральных областях — 50—60% (Хачикян³⁷).

С другой стороны, из расчетов [20] следовало, что поляризация должна быть $\sim 70\%$, если магнитное поле наблюдаемого участка туманности однородно по направлению.

³³ L. I. Schiff — Phys. Rev. — 103, 443 (1956).

³⁴ И. М. Халатников. — Nic. Phys. — 3, 423 (1957).

³⁵ D. S. Saxon, L. I. Schiff. — N. C. — 6, 614 (1957).

³⁶ D. S. Saxon. — Phys. Rev. — 107, 871 (1957).

³⁷ ДАН АрмССР — 21, 63, (1955).

Впоследствии многочисленными наблюдателями³⁸⁻⁴⁰ было подтверждено, что действительно излучение Крабовидной туманности сильно поляризовано и даже доходит до 100%. В свете указанного исследования [20] это является доказательством того, что излучение Крабовидной туманности обусловлено релятивистскими электронами.

В работе Тер-Микаеляна [87] рассмотрено влияние среды на излучение релятивистского электрона в магнитном поле. Выяснено, что при определенных условиях наличие среды может подавлять излучение.

В работе В. А. Амбарцумяна и Г. С. Саакяна [130] на основе использования современных данных об элементарных частицах дано дальнейшее развитие теории сверхплотных звезд (нейтронные звезды). В этой теории (Ландау, Опенгеймер, Волков) было показано, что при определенных достаточно высоких плотностях протонно-электронному вырожденному газу энергетически более выгодно превратиться в вырожденный нейтронный газ. Из результатов работы Амбарцумяна и Саакяна вытекает, что при дальнейшем возрастании плотности в газе должны последовательно появляться и возрастать в числе различные гипероны. В силу принципа Паули, гипероны не смогут распадаться и газ будет стабилен. В соответствии с этими результатами конфигурация гравитационного равновесия вырожденной космической массы при некоторых значениях массы должна состоять из гиперонного ядра, нейтронного слоя и наружной оболочки, имеющей обычный состав (электроны, протоны и составные ядра).

3. Работы по теории электронного ускорителя на большую энергию

Традиционный экспериментальный и теоретический интерес к частицам больших энергий и их взаимодействиям в со-

³⁸ Э. Е. Хачикян, „Вопросы космологии“, т. 7, ст. 333 (там же подробная библиография).

³⁹ J. Oort, Th. Walraven — B. A. N. — 12, 462 (1956).

⁴⁰ L. Woltjer. — B. A. N. — 13, 478 (1957)

временной физике материализуется, если можно так выразиться, в сооружении и использовании ускорителей заряженных частиц. Несмотря на то, что природа сама по себе предоставляет нам частицы больших энергий в виде космических лучей, малая интенсивность этого потока делает совершенно необходимым для любой группы физиков, работающих в области элементарных частиц, сооружение ускорителя того или иного типа.

Начиная с 1957 года в Физическом институте АН АрмССР разрабатывался проект электронного ускорителя на большую энергию, который должен быть сооружен в Ереване.

К 1957 году теория слабо- и сильнофокусирующих ускорителей была разработана уже достаточно полно. Однако, наряду с использованием уже имевшихся теоретических результатов, группе теоретиков, занятых проектированием электронного ускорителя ФИАН АрмССР, пришлось решать целый ряд тонких и вместе с тем очень важных проблем, не нашедших к тому времени еще своего разрешения*. Можно с уверенностью сказать, что без решения подобного рода вопросов невозможно построить современный ускоритель с сильной фокусировкой.

Одним из таких вопросов является задача о потерях частиц в ускорителях. В процессе ускорения, помимо постоянно действующих сил, обеспечивающих устойчивость движения ускоряемой частицы, на частицу действует ряд сил, имеющих характер случайных толчков: отдача при испускании кванта излучения, столкновение с атомами остаточного газа, прохождение мелких резонансов и т. п. Стохастический характер этих толчков приводит к увеличению амплитуды колебаний, аналогично тому, как растет со временем среднеквадратичное смещение броуновской частицы под действием случайных молекулярных толчков. Знание закона роста амплитуды с учетом ее затухания — адиабатического и радиационного — позволяет правильно выбрать параметры ускорителя с тем, чтобы иметь

* В дальнейшем авторы во многом следуют обзорной статье Ю. Ф. Орлова, С. А. Хейфеца и Х. А. Симоняна „Исследования по теории ускорителей в ФИАН АрмССР“ (1960 г., не опубликовано).

нужную интенсивность ускоренных частиц в конце цикла ускорения.

Задача о потерях, как уже упоминалось, сводится с формальной стороны к решению уравнений броуновского движения частицы в потенциальном поле специального вида с учетом затухания. Решение этой задачи было получено в работах С. А. Хейфеца и Ю. Ф. Орлова [111, 137, 138]. В работе С. А. Хейфеца, Ю. Ф. Орлова и Г. В. Генджояна («Атомная энергия», в печати) приведены результаты расчетов потерь частиц из-за квантовых флуктуаций излучения для произвольных параметров ускорителя.

Другой не менее важной задачей, над которой работала теоретическая группа при ускорителе ФИАН АрмССР, явилось исследование всех эффектов, связанных с излучением частиц в ускорителе — явлением, которое играет определяющую роль именно в электронном ускорителе.

На изучение этой проблемы были направлены основные усилия. В ряде работ Ю. Ф. Орлова, Е. К. Тарасова и С. А. Хейфеца [58, 62, 67, 93, 112] были рассмотрены вопросы раскачки и затухания радиальных и фазовых колебаний из-за излучения ускоряемых электронов. В работах Ю. Ф. Орлова, Е. К. Тарасова и С. А. Хейфеца [75, 112] был также рассмотрен практически важный вопрос о способах демпфирования колебаний, например с помощью введения эквивалентных структур, участков с переменным магнитным или электрическим полем и т. д.

Одним из существенных отличий сильнофокусирующих ускорителей от ускорителей со слабой фокусировкой является наличие в них густой сетки различных резонансов, между которыми приходится работать. Эти резонансы возникают вследствие возмущений магнитного поля, имеющих по большей части нелинейный характер. В связи с этим исследование эффектов, связанных с образованием резонансов, необходимо производить с учетом нелинейности.

Третьей проблемой, над которой работала группа теоретиков по ускорителю, было изучение, во-первых, влияния нелинейности на обычные линейные резонансы, во-вторых, исследование нелинейных резонансов. Результатом этой рабо-

ты явилось создание нелинейной теории бетатронных колебаний в основном в работах Ю. Ф. Орлова⁴¹, [84, 110]; в разработке этой теории принимали участие также Е. К. Тарасов и Х. А. Симонян.

В ходе проектирования ускорителя были изучены и некоторые другие вопросы теории, не являющиеся частью перечисленных выше трех основных проблем. Сюда относится работа А. Ц. Аматауни, Р. В. Тевикяна и др. [113] по вводу частиц в электронный ускоритель, где была исследована четырехлинзовая фокусирующая система инжекции, обладающая достаточной гибкостью использования, а также рассмотрен вопрос о посадке частиц с различными отклонениями энергии на «свой орбиты», т. е. на орбиты равновесные для частиц с данным отклонением энергии.

Использование такой системы посадки дает приблизительно трехкратное увеличение тока ускоряемых частиц.

Инжекция частиц в электронный ускоритель влияет на ускоряющую систему (резонаторы), вызывая в ней определенные изменения. Исследование этих изменений, приведшее к обнаружению эффекта ограничения величины тока ускоряемых частиц из-за изменения эффективной частоты ускоряющего напряжения, проведено в работе С. А. Хейфеца и А. И. Барышева (ЖЭТФ, в печати).

Ю. Ф. Орловым и Е. К. Тарасовым [72] было показано, что при больших значениях градиента магнитного поля в сильно-фокусирующем ускорителе возникает неустойчивость колебания.

В работе Ю. Ф. Орлова и С. А. Хейфеца [76] рассчитана величина искажений магнитного поля металлической камерой ускорителя, а также ее нагрев за счет развивающихся в такой камере токов Фуко. При этом доказано, что обычная металлическая камера, а также гофрированная камера являются неудовлетворительными.

Отметим, что опубликованные в периодической печати и в материалах различных конференций работы по теории ускорителя, выполненные теоретиками ФИАН АрмССР, послу-

⁴¹ ЖЭТФ 32, 130, 316 (1957); Н. С. 3, 252 (1956).

жили базой для создания физических основ проекта электронного ускорителя.

В заключение авторы выражают свою благодарность всем товарищам, помогавшим в написании настоящей работы как своими советами, так и представлением фактического материала.

Ա. Յ. ԱՄԱՏՈՒՆԻ, Գ. Մ. ՂԱՐԻՅԱՆ

ՄՈՎԵՏԱԿԱՆ ՀԱՅԱՍՏԱՆՈՒՄ ՏԵՍԱԿԱՆ ՖԻԶԻԿԱՅԻ ԶԱՐԳԱՑՄԱՆ ՄԱՍԻՆ

Ա. մ. փ. ո. փ. ո. լ. մ.

Տեսական ֆիզիկան Հայաստանում ամենաերիտասարդ դիսցիպլինաներից մեկն է։ Նրա զարգացումը տեղի է ունեցել հիմնականում վերջին տասնամյակում՝ 1950—1960 թթ.։

Այդպիսի համեմատաբար կարճ ժամանակամիջոցում տեսական ֆիզիկան Հայաստանում հասել է մի շարք էական նվաճումների։ Ներկա աշխատանքում առաջին փորձն է արվում հանրագումարի բերել Հայաստանում տեսական ֆիզիկայի զարգացման անցած էտապը։

Ակնարկի առաջին և երկրորդ մասերում շարադրված են Հայաստանի տեսաբանների կողմից ստացված հիմնական արդյունքները տեսական ֆիզիկայի տարբեր բնագավառներում, այն է բվանտային էլեկտրոդինամիկայի, արգելալիման ճառագայթման, մեղրատոմային անցումների, կոսմիկական ճառագայթման, պլազմայի, անցումային ճառագայթման տեսությունների բնագավառներում, ինչպես նաև մի շարք այլ, մասնավորապես, աստրոֆիզիկական կիրառում ունեցող աշխատանքներ։

Երրորդ մասում բերված է կոշտ ֆոկուսացումով էլեկտրոնային արագացուցիչին նվիրված աշխատանքների տեսությունը։

Շարադրման ընթացքում հեղինակները աշխատել են ցույց տալ Հայաստանում տեսական ֆիզիկայի զարգացման ուղիները՝ կապված ինչպես Սովետական Միությունում, այնպես էլ արտասահմանում ֆիզիկայի ընդհանուր զարգացման հետ։

ՀԱՄԱՅՈՒՅՈՒՆ — ЛИТЕРАТУРА

Работы по теоретической физике, выполненные в послевоенные годы*
(до 1960 г. включительно)

- 1*. Гольдман И. И. Колебания электронного газа с функцией распределения Ферми в состоянии вырождения. ЖЭТФ 17, 681, 1947.
2. Тер-Микаелян М. Л. Одномерный случай задачи о числе рассеяний при диффузии фотонов. ДАН АрмССР, 8, 145, 1948.
- 3*. Гарибян Г. М. Полурелятивистское уравнение для частиц. Вестник МГУ, вып. 10, 1948.
- 4*. Саакян Г. С. Влияние размеров ядра на тормозное излучение. ЖЭТФ 20, 787, 1950.
- 5*. Саакян Г. С. Влияние диссоциации нуклона на упругое рассеяние электронов. ЖЭТФ 20, 871, 1950.
6. Саакян Г. С. Торможение крайне релятивистских электронов на протонах. ДАН АрмССР, 15, 3, 1952.
- 7*. Гарибян Г. М. Внутренняя конверсия γ -лучей с рождением пар. ДАН АрмССР, 15, 129, 1952.
- 8*. Гарибян Г. М. Тормозное излучение и рождение пар в поле электрона (общий случай). Изв. АН АрмССР, т. 5, № 3, 1952.
9. Гарибян Г. М. Определение масс частиц по изменению импульса. Изв. АН АрмССР, т. 5, № 5, 1952.
- 10*. Саакян Г. С. Влияние размеров ядра на рассеяние быстрых электронов и на рождение пар фотонами. Научные труды Ерев. гос. унив., т. 35, вып. 2.
11. Гарибян Г. М., Гольдман И. И. Радиационное столкновение электронов и позитронов малых энергий. ДАН АрмССР, 16, 9, 1953.
- 12*. Гольдман И. И. О спектроскопическом определении квадрупольных моментов ядер. ДАН СССР, 88, 241, 1953.
- 13*. Гольдман И. И. К теории изотопического смещения спектральных линий. ЖЭТФ 24, 177, 1953.
- 14*. Гарибян Г. М. Тормозное излучение и рождение пар в поле электрона. ЖЭТФ 24, 617, 1953.
- 15*. Саакян Г. С. Генерация π -мезонов в плотных веществах. Изв. АН АрмССР, т. 6, № 3, 65, 1953.
- 16*. Тер-Микаелян М. Л. Рассеяние сверхбыстрых электронов в кристалле. ЖЭТФ 25, 289, 1953.
- 17*. Тер-Микаелян М. Л. Интерференционное излучение сверхбыстрых электронов. ЖЭТФ 25, 296, 1953.
18. Тер-Микаелян М. Л. Спектр тормозного излучения в среде. ДАН СССР, 94, 1033, 1954.

* Работы расположены в хронологическом порядке. Звездочками отмечены работы, выполненные вне Армении.

Авторы благодарны М. Левоняну за участие в составлении настоящей библиографии.

19. Гарибян Г. М., Гольдман И. И. Спектры π - и μ -мезонов в космическом излучении. ЖЭТФ 26, 257, 1954.
20. Гарибян Г. М., Гольдман И. И. Поляризация излучения релятивистских электронов при движении в магнитных полях туманностей и звезд. Изв. АН АрмССР, 7, № 2, 31, 1954.
21. Кочарян Н. М., Саакян Г. С. Спектры рождения протонов в воздухе и свинце. Изв. АН АрмССР, 8, № 1, 15, 1955.
22. Кочарян Н. М., Саакян Г. С. Генерация мезонов и электронов в нижних слоях атмосферы. ДАН АрмССР, 21, 11, 1955.
23. Гольдман И. И., Мигдал А. Б. Теория рассеяния в квазиклассическом приближении. ЖЭТФ 28, 394, 1955.
- 24*. Розенталь И. Л., Тер-Микаелян М. Л., Фейнберг Е. Л. О ливнях фотонов высокой энергии. ДАН СССР, 103, 581, 1955.
- 25*. Тер-Микаелян М. Л. Излучение и рассеяние быстрых частиц в среде. Изв. АН СССР, 19, 657, 1955.
- 26*. Африкян Л. М. К теории образования антипротонов. Изв. АН СССР, 19, 663, 1955.
- 27*. Агузумян М. А. Эффективный поперечник рассеяния мезонов на нуклонах. Уч. записки МОПИ, 33, стр. 193, 1955.
- 28*. Африкян Л. М. К теории образования и аннигиляции антипротонов. ЖЭТФ 30, 734, 1956.
- 29*. Тевanian Р. В. Решение уравнений Швингера в модели Блоха-Нордсика. ЖЭТФ 30, 949, 1956.
30. Гарибян Г. М. К микроскопическому выводу формулы Ферми. Изв. АН АрмССР, 9, № 1, 45, 1956.
- 31*. Тябликов С. В., Амагуни А. Ц. Основное состояние антиферромагнетика в методе элементарных возмущений. ДАН СССР, 108, 69, 1956.
32. Тер-Микаелян М. Л. О методе прицельных параметров. Изв. АН АрмССР, 9, № 5, 77, 1956.
33. Шахбазян В. А. К вопросу об энергетических потерях быстрых заряженных частиц в поглощающей среде. Изв. АН АрмССР, 9, № 5, 91, 1956.
- 34*. Амагуни А. Ц. К теории антиферромагнетизма I. ФММ 3, 411, 1956.
35. Африкян Л. М. Правила отбора при аннигиляции антипротонов на π -мезоны. ЖЭТФ 31, 136, 1956.
36. Африкян Л. М. Сдвиг уровней μ -мезоводорода и структура протонов. ЖЭТФ 31, 908, 1956.
- 37*. Джрбашян В. А. γ - γ угловая корреляция при мезоатомных переходах. ЖЭТФ 31, 1099, 1956.
38. Африкян Л. М. О генерации μ -мезонных пар μ -квантами на атомных ядрах. ЖЭТФ 31, 1094, 1956.
39. Саакян Г. С. Прохождение нуклонной компоненты через атмосферу. Изв. АН АрмССР, 9, № 7, 79, 1956.
- 40*. Оганесян Р. С. О гравитационной устойчивости цилиндрической конфигурации. Астрономический журнал, 33, вып. 6, 1956.

- 41*. Меликян Э. П. Внутренний комптон-эффект. ЖЭТФ 31, вып. 6, 1956.
- 42*. Амагуни А. Ц. К теории антиферромагнетизма II. ФММ 4, 19, 1957.
43. Саакян Г. С. Энергетический спектр рождения π -мезонов в атмосфере. ДАН АрмССР, 24, 3, 1957.
- 44*. Джрбашян В. А. Об угловой корреляции γ -квантов, излучаемых мезоатомами. Изв. АН АрмССР, 10, № 2, 81, 1957.
45. Корхмазян Н. А. Решение задачи о переходном излучении методом изображений. Изв. АН АрмССР, 10, № 4, 1957.
- 46*. Меликян Э. Г. Внутренний комптон-эффект при парной конверсии. ЖЭТФ 32, вып. 1, 1957.
47. Тевикян Р. В. Двухэлектронная функция Грина в приближении Блоха-Нордсика. ЖЭТФ 32, 1573, 1957.
48. Тевикян Р. В. Функция Грина в скалярной электродинамике в приближении Блоха-Нордсика. ЖЭТФ 32, 1575, 1957.
49. Африкян Л. М. К теории образования электронно-позитронных пар при соударениях медленных μ -мезонов с атомными ядрами. ЖЭТФ 33, 280, 1957.
50. Тевикян Р. В. Об улучшении формул теории возмущений. ЖЭТФ 33, 478, 1957.
51. Африкян Л. М., Гарибян Г. М. О некоторых электромагнитных эффектах с участием сильно взаимодействующих частиц. ЖЭТФ 33, 425, 1957.
52. Африкян Л. М. О множественном рождении пар в квантовой электродинамике. ЖЭТФ 33, 531, 1957.
53. Тевикян Р. В. n -Электронная функция Грина в приближении Блоха-Нордсика. ЖЭТФ 33, 1304, 1957.
54. Гарибян Г. М. К теории переходного излучения. ЖЭТФ 33, 1403, 1957.
55. Гольдман И. И., Кривченков В. Д. Сборник задач по квантовой механике. ГИТТЛ, Москва, 1957.
56. Амагуни А. Ц. К расчету основного состояния антиферромагнетика с одноосной анизотропией. ФММ 6, 395, 1958.
57. Джрбашян В. А. Влияние поляризации μ -мезона на эффект корреляции γ -лучей, испускаемых мезоатомом. ЖЭТФ 34, 260, 1958.
- 58*. Орлов Ю. Ф., Тарасов Е. К. Затухание колебаний в электронном циклическом ускорителе. ЖЭТФ 34, 651, 1958.
59. Гольдман И. И. Поляризация μ -мезонов в космических лучах. ЖЭТФ 34, 1017, 1958.
60. Джрбашян В. А. Угловая корреляция циркулярно поляризованных γ -квантов на μ -мезоатоме. ЖЭТФ 35, 307, 1958.
61. Орлов Ю. Ф., Хейфец С. А. Деполяризация электронов из-за излучения в магнитном поле. ЖЭТФ 35, 513, 1958.
62. Орлов Ю. Ф. О механизме затухания свободных колебаний в циклическом ускорителе. ЖЭТФ 35, 525, 1958.
63. Гарибян Г. М., Чаликян Г. А. Излучение заряженной частицы, пролетающей через пластинку. ЖЭТФ 35, 1282, 1958.

64. Тер-Микаелян М. Л. О границах применимости метода прицельных параметров. ЖЭТФ 35, 1287, 1958.
65. Гарибян Г. М. Изучение заряженной частицы, пролетающей через слоистую среду. ЖЭТФ 35, 1435, 1958.
- 66*. Арутюнян В. М., Мурадян Р. М. Асимптотические формулы для функций Якоби первого и второго рода. НДВШ № 3, 8, 1958.
67. Орлов Ю. Ф., Тарасов Е. К. Возбуждение колебаний в электронном циклическом ускорителе квантовыми флуктуациями излучения. ПТЭ № 5, 17, 1958.
68. Гарибян Г. М. К теории переходных эффектов в электродинамике. Изв. АН АрмССР, 11, № 4, 7, 1958.
69. Тер-Микаелян М. Л. К квантовой электродинамике в среде (1). Изв. АН АрмССР, 11, № 4, 7, 1958.
70. Оганесян Р. С. О гравитационной неустойчивости плоско-параллельного слоя проводящей жидкости при наличии магнитного поля. Изв. АН АрмССР, 11, вып. 4, 1958.
- 71*. Арутюнян В. М., Мурадян Р. М., Соколов А. А. Асимптотическое выражение для вырожденной гипергеометрической функции. ДАН СССР, 122, 751, 1958.
72. Орлов Ю. Ф., Тарасов Е. К. Возникновение неустойчивости колебаний при больших значениях градиента магнитного поля. ПТЭ № 6, 15, 1958.
- 73*. Кошкарев Д. Г., Орлов Ю. Ф. Параметрические резонансы фазовых колебаний синхротрона. ПТЭ № 6, 19, 1958.
74. Корхмазян Н. А. Переходное излучение при наклонном падении заряда. Изв. АН АрмССР, 11, № 6, 87, 1958.
75. Орлов Ю. Ф., Тарасов Е. К., Хейфец С. А. Демпфирование колебаний частиц в электронном синхротроне с жесткой фокусировкой ПТЭ № 1, 17, 1959.
76. Орлов Ю. Ф., Хейфец С. А. Искажения магнитного поля металлической вакуумной камерой в сильнофокусирующем ускорителе. ПТЭ № 1, 21, 1959.
77. Тер-Микаелян М. Л. К теории многократного рассеяния. ЖЭТФ 36, 253, 1959. (см. также Nuc. Phys. 9, 6 97, 1959).
78. Джрбашян В. А. Деполяризация μ -мезона при мезоатомных переходах. ЖЭТФ 36, 277, 1959.
- 79*. Соколов А. А., Арутюнян В. М., Мурадян Р. М. Вычисления фаз рассеяния с учетом второго приближения. ЖЭТФ 36, 544, 1959.
80. Джрбашян В. А. Угловое распределение и угловая корреляция излучений ядер с ориентированными электронными оболочками. ЖЭТФ 36, 1240, 1959.
81. Чубарян Э. В. Запрещенные β -переходы первого порядка. Изв. АН АрмССР, 12, № 2, 1959.
82. Оганесян Р. С. О гравитационной неустойчивости слоя с внутренним магнитным полем, направленным вдоль слоя. Изв. АН АрмССР, 12, вып. 3, 1959.

83. Гарибян Г. М., Чаликян Г. А. Черенковское и переходное излучение частицы, пролетающей через пластинку. Изв. АН АрмССР, 12, № 3, 49, 1959.
84. Орлов Ю. Ф. Применение квадратичной нелинейности в ускорителе с жесткой фокусировкой. ПТЭ № 2, 8, 1959.
- 85*. Арутюнян В. Н., Мурадян Р. М. Рассеяние Дираковских частиц во втором борновском приближении. ЖЭТФ 36, 1542, 1959.
86. Джрбашян В. А. Об одном возможном методе определения направления поляризации μ -мезона. ЖЭТФ 36, 1572, 1959.
87. Тер-Микаелян М. Л. Излучение релятивистского электрона, движущегося по окружности в плазме. Изв. АН АрмССР, 12, № 3, 95, 1959.
88. Хейфец С. А. Об одной возможности определения знака поляризации μ -мезона. ЖЭТФ 36, 1588, 1959.
- 89*. Соколов А. А., Мурадян Р. М., Арутюнян В. М. Развитие приближенного метода ВКБ I. Вестник МГУ № 5, 1959.
- 90*. Аслanian В. М., Волькенштейн М. В. Оптическая активность и межмолекулярное взаимодействие. Оптика и спектроскопия 7, 208, 1959.
91. Тер-Микаелян М. Л. К теории переходного излучения. Изв. АН АрмССР, 12, № 4, 141, 1959.
92. Гарибян Г. М., Мергелян О. С. Черенковское и переходное излучение заряженной нити, несущей ток. Изв. АН АрмССР, 12, № 5, 91, 1959.
93. Хейфец С. А. Возбуждение фазовых колебаний частиц в электронном синхротроне. Изв. АН АрмССР, 12, № 5, 105, 1959.
94. Саакян Г. С. Индуцированное тормозное излучение и поглощение. Изв. АН АрмССР, 12, № 5, 99, 1959.
95. *Avakov G. V., Ter-Martirosjan K. A. On a possible test of quantum electrodynamics in electron scattering. Nuclear physics. 13, 685, 1959.
96. Гарибян Г. М. К теории переходного излучения и ионизационных потерь энергии частицы. ЖЭТФ 37, 527, 1959.
- 97*. Аваков Г. В. Рассеяние электрона на электроны и квантовая электродинамика на малых расстояниях. ЖЭТФ 37, 848, 1959.
- 98*. Соколов А. А., Мурадян Р. М., Арутюнян В. М. Развитие приближенного метода ВКБ II. Вестник МГУ № 5, 1959.
99. Хейфец С. А. Нелинейная поправка к частоте фазовых колебаний. Изв. АН АрмССР, 12, № 6, 121, 1959.
- 100*. Хзарджян С. М. К нелинейной теории колебаний плазмы. Изв. АН АрмССР, 12, вып. 6, 123, 1959.
- 101*. Шахбазян В. А. Об улучшении теории возмущений в квантовой электродинамике частиц с нулевым спином. Изв. АН АрмССР, 12, № 6, 133, 1959.
- 102*. Шахбазян В. А. О двухзарядной ренормализационной группе в скалярной квантовой электродинамике. ЖЭТФ 37, 1789, 1959.

103. Гарибян Г. М., Померанчук И. Я. О пределах применимости теории переходного излучения. ЖЭТФ 37, 1828, 1959.
104. Саакян Г. С. Индуцированное черенковское излучение. ДАН АрмССР, 28, 121, 1959.
105. Саакян Г. С. Новый механизм рождения и аннигиляции электронных пар в среде. ДАН АрмССР, 29, 23, 1959.
106. Хейфец С. А. Способ создания устойчивости вертикального движения в ускорителе с увеличивающимся по радиусу магнитным полем. ДАН АрмССР, 29, № 5, 211, 1959.
- 107*. Хзарджян С. М. К теории нелинейных колебаний в плазме при постоянном внешнем магнитном поле. ДАН АрмССР, 29, вып. 5, 205, 1959.
- 108*. Агузумцян М. А. Множественное рассеяние π -мезонов на нуклонах в нелинейной теории поля. Уч. записки МОПИ 75, 145, 1959.
109. Африкян Л. М. Работы по теоретической физике. Изд. АН АрмССР, Ереван, 1959.
110. Орлов Ю. Ф. и Тарасов Е. К. Non-linear theory of betatron oscillations. Proc. Int. Conf. High-Energy Accelerators. CERN, 1959, p. 263.
111. Орлов Ю. Ф. и Хейфец С. А. Losses of particles in ring accelerators taking damping into account. Proc. Int. Conf. High-Energy Accelerators. CERN, 1959, p. 303.
112. Орлов Ю. Ф., Тарасов Е. К., Хейфец С. А. Damping oscillations in strong focusing electron accelerators. Proc. of the Int. Conf. on High Energy Accelerators, CERN, 1959, p. 306.
113. Амагуни А. Ц., Тевикян Р. В. и др. Injection of particles into a strong-focusing accelerators. Proc. Int. Conf. High-Energy Accel. CERN, 1959, p. 621.
114. Саакян Г. С. О дисперсионных свойствах среды при очень больших плотностях и температурах. Сообщение I. ДАН АрмССР, 30, 47, 1960.
115. Орлов Ю. Ф., Хейфец С. А. Деполяризация пучка при движении в неоднородном магнитном поле. Изв. АН АрмССР, 13, № 1, 1960.
116. Амагуни А. Ц. Переходное излучение дипольных моментов. Изв. АН АрмССР, 13, № 1, 111, 1960.
117. Агузумцян М. А. Общие формулы множественного рождения скалярных и псевдоскалярных мезонов. Уч. записки Ереванского арм. пед. ин-та, № 1, 1960.
118. Саакян Г. С. О дисперсии при очень больших плотностях и температурах среды. ЖЭТФ 38, 843, 1960.
119. Тер-Микаелян М. Л. Исследование границ применимости теории ионизационных потерь. ЖЭТФ 38, 895, 1960.
120. Саакян Г. С. О дисперсионных свойствах среды при очень больших плотностях и температурах. Сообщение II. ДАН АрмССР, 30, 211, 1960.

121. Вартамян Ю. Л. Поляризационные эффекты при тормозном излучении. ДАН АрмССР, 30, 265, 1960.
122. Тер-Микаелян М. Л. О радиационных поправках к кулоновскому рассеянию с учетом среды. ЖЭТФ 38, 1167, 1960.
123. Саакян Г. С. Однофотонная аннигиляция и рождение электронных пар в среде. ЖЭТФ 38, 1593, 1960.
124. Корхмазян Н. А. Переходное излучение вперед. Изв. АН АрмССР, 13, № 2, 139, 1960.
- 125*. Керимов Б. К., Арутюнян В. М. Поляризация электронов при рассеянии на ядрах. ЖЭТФ 38, 1798, 1960.
126. Гарибян Г. М., Мержелян О. С. Излучение заряда, пролетающего параллельно границе раздела сред. Изв. АН АрмССР, 13, № 2, 123, 1960.
127. Гарибян Г. М. Переходное излучение при наклонном падении заряда. ЖЭТФ 38, 1814, 1960.
128. Мержелян О. С. Излучение заряженной нити, несущей ток, при движении параллельно границе раздела сред. Изв. АН АрмССР, 13, вып. 3, 1960.
129. Гольдман И. И. Тормозное излучение на границе среды с учетом многократного рассеяния. ЖЭТФ 38, 1866, 1960.
130. Амбарцумян В. А., Саакян Г. С. О вырожденном сверхплотном газе элементарных частиц. Астрономический жур., 37, 193, 1960.
131. Оганесян Р. С. Гравитационная неустойчивость слоя по отношению к двумерным поперечным возмущениям. Астрономический жур., 37, вып. 3, 1960.
132. Оганесян Р. С. О преимущественной ориентации кусков, образовавшихся в результате рассеяния однородной гравитационной среды при наличии магнитного поля. Астрономический жур., 37, вып. 4, 1960.
133. Гарибян Г. М. Излучение частицы при переходе через границу раздела сред с учетом влияния многократного рассеяния. ЖЭТФ 39, 332, 1960.
- 134*. Шахбазян В. А. Об инфракрасной катастрофе в скалярной квантовой электродинамике. ЖЭТФ 39, 484, 1960.
135. Амагуни А. Ц., Корхмазян Н. А. Переходное излучение в случае размытой границы двух сред. ЖЭТФ 39, 1011, 1960.
136. Тер-Микаелян М. Л. Излучение быстрых частиц в неоднородной среде. ДАН СССР, 134, 318, 1960.
137. Хейфец С. А. Потери частиц и время существования пучка в накопителе. Квантовые флуктуации излучения. ПТЭ № 6, 14, 1960.
138. Хейфец С. А. Время существования пучка в накопителе. Рассеяние на атомах остаточного газа. ПТЭ № 6, 18, 1960.
139. Айвазян Ю. М. Уравнения движения заряженных тел в общей теории относительности. Изв. АН АрмССР, 13, вып. 5, 1960.

140. Аматуни А. Ц., Корхмазян Н. А. Излучение заряженной частицы в среде с периодически меняющейся плотностью. Изв. АН АрмССР, 13, № 5, 1960.
141. Гарибян Г. М., Гольдман И. И. Излучение частицы в слоистой среде. ДАН АрмССР, 32, № 4, 1960.
142. Гарибян Г. М. Феноменологическая квантовая электродинамика двух сред. ЖЭТФ 39, 1630, 1960.
143. Тер-Микаелян М. Л., Газазян А. Резонансные эффекты при излучении в слоистой среде. ЖЭТФ 39, 1693, 1960.
144. Гольдман И. И. О пределах применимости уравнения Фоккера-Планка. Изв. АН АрмССР, 13, № 6, 1960.