

Яков Петрович Терлецкий. Страницы жизни и творчества.

30 июня 2002 года исполнилось 90 лет выдающемуся русскому физику, заслуженному деятелю науки РСФСР, лауреату Ленинской и Государственной премий и премии имени М.В. Ломоносова, действительному члену Шведского Королевского общества (г. Упсала), доктору физико-математических наук, профессору Якову Петровичу Терлецкому.

Яков Петрович Терлецкий родился 30 июня 1912 года в Ленинграде в семье учителей Петра Евгеньевича Терleckого и Анны Васильевны Шейкиной.

Отец его преподавал историю, глубоко интересовался этнографией, занимался исследованиями народностей Севера. Впоследствии он работал в Институте этнографии АН СССР имени Н.Н. Миклухо-Маклая. Его работы по этнографии получили широкое признание.

В школьные годы Яков Петрович был заядлым радиолюбителем, увлекался химией, техническим творчеством. После окончания московской средней школы № 36 в 1930 году он обучается на специальных электротехнических курсах имени Л.Б. Красина и поступает работать электромонтером на Московский электростанция. Как впоследствии вспоминал сам Яков Петрович, именно в эти годы у него появился глубокий интерес к физике и, в частности, к прикладным практически важным задачам, что наложило несомненный отпечаток на его научное творчество в будущем.

В 1931 году Яков Петрович Терлецкий поступил учиться на физический факультет МГУ, где он слушал лекции Л.И. Мандельштама, К.В. Никольского, М.А. Леонтовича, И.Е. Тамма и других выдающихся физиков. Дипломную работу Яков Петрович выполнил под руководством И.Е. Тамма, посвятив ее уточненному расчету эффекта Комптона.

В июле 1936 года Яков Петрович оканчивает Университет и поступает в аспирантуру по кафедре теоретической физики, к М.А. Леонтовичу, тесно сотрудничая в это время с Л.И. Мандельштамом и И.Е. Таммом, под руководством которых он выполнил свою первую научную работу «О предельном переходе квантовой механики в классическую» (1937). В этой работе была введена знаменитая квантовая функция распределения Терleckого

$$f(x, p, t) = \operatorname{Re} \left[\psi^*(x, t) a(p, t) \exp \left(i \frac{(xp)}{\hbar} \right) \right],$$

где $a(p, t)$ — фурье-образ волновой функции $\psi(x, t)$ квантовой системы. Функция Терleckого является простейшей функцией распределения, согласующейся с маргинальными распределениями. Последнее означает, что после интегрирования по координатам x частиц из неё получается функция распределения по импульсам p , и наоборот. Наряду с аналогичной функцией распределения Е. Вигнера, введенной последним в 1932 году, функция Терleckого часто используется в квантовой механике при построении квазиклассических приближений.

В 1939 году Яков Петрович защищает кандидатскую диссертацию на тему «Гидродинамическая теория броуновского движения» и становится ассистентом кафедры теоретической физики МГУ, на которой он будет работать еще долгие годы сначала старшим преподавателем, доцентом, а затем и профессором. К этому времени относится важный научный результат Якова Петровича — обобщение теоремы Бора–Ван-Левен о невозможности классического объяснения магнетизма. Суть этого результата заключается в том, что без введения спинового магнитного момента атомов намагниченность образца, после соответствующего усреднения по фазовому пространству, оказывается равной нулю, поскольку векторный потенциал A магнитного поля входит в обобщенный импульс в комбинации $P = p - eA/c$.

С началом Великой Отечественной Войны Яков Петрович Терлецкий, как исполняющий обязанности парторга физического факультета МГУ, много сил отдаёт эвакуации факультета на Восток, работая в Казани и Москве над научными проблемами, связанными с обороной страны.

В 1941 году Яков Петрович в соавторстве с С. Гвоздовером и Л. Лошаковым создает теорию отражательного клистрона. Эта работа вошла в золотой фонд ключевых достижений в области радиотехники. Интерес Якова Петровича к прикладным задачам проявился и в том, что он создает теорию релятивистского бетатрона, выдвинув в 1941 году идею импульсного индукционного ускорителя («безжелезного бетатрона»). За цикл работ в этой области Якову Петровичу в 1944 году была присуждена премия имени М.В. Ломоносова.

В то же время Яков Петрович продолжает упорно работать над фундаментальными проблемами статистической физики и квантовой механики и в 1945 году защищает докторскую диссертацию на тему «Динамические и статистические законы физики». Научным консультантом по диссертации был А.С. Предводителев.

В диссертации Яков Петрович даёт обоснование (независимо от А.Я. Хинчина) возможности замены в статистической механике временных средних фазовыми, введя так называемое ослабленное условие эргодичности. Последнее обычно выражается в оценках вида:

$$\langle (\langle F \rangle - \langle F \rangle_t)^2 \rangle \sim \frac{1}{N} \rightarrow 0,$$

где N — число степеней свободы системы. Поскольку N почти всегда очень велико, то большинство рассматриваемых в физике механических систем этому условию удовлетворяют.

В своей диссертации Яков Петрович поднимает очень важные проблемы обоснования статистических законов физики и, в частности, квантовых закономерностей. Наиболее адекватным аппаратом для статистического описания физических систем Яков Петрович считает метод функционального интегрирования, который он широко использует, развивая теорию неравновесных процессов.

Размышляя о принципах индукционного ускорения элементарных частиц, Яков Петрович в том же 1945 году выдвигает гипотезу о космическом индукционном ускорителе как механизме ускорения космических частиц в поле быстро вращающихся магнитных звёзд. Последующее открытие нейтронных звёзд (пульсаров) в значительной мере подтвердило эту гипотезу. Развивая идею звёздно-индукционного ускорения космических частиц, Яков Петрович в 1948 году предсказывает существование ионной составляющей у первичных космических лучей, которая действительно вскоре была обнаружена. За цикл работ по теории индукционных ускорителей и происхождения космических лучей Я.П. Терлецкому в 1951 году была присуждена Сталинская (Государственная) премия.

В 1952 году Яков Петрович Терлецкий выдвигает блестящую идею о методе получения сверхсильных магнитных полей путём быстрого (взрывного) сжатия металлов в магнитном поле, развивая на этой основе теорию нового явления — магнитной кумуляции. В основе метода лежат следующие соображения: если цилиндрическую металлическую оболочку поместить в магнитное поле и быстро сжать направленным (радиальным) взрывом, то индукционный ток I в оболочке подчиняется уравнению

$$\frac{d}{dt}(LI) = -RI = -\frac{1}{\tau}(LI),$$

где L — индуктивность, а R — сопротивление цилиндра по отношению к аксиальным круговым токам. Соответствующее время релаксации $\tau = L/R$ можно легко оценить. Для типичных образцов с размерами порядка 10 см это время оказывается достаточно малым: $\tau \sim 10^{-2}$ сек. Поэтому магнитное поле оказывается «вмороженным» в образец, если время сжатия $t \ll \tau$, что вполне может быть реализовано на практике. Вскоре такие эксперименты были выполнены и достигнуты поля $\sim 10^4$ Тл. В 1972 году Якову Петровичу Терлецкому за эти работы была присуждена Ленинская премия.

В начале 1950-х годов в г. Дубна был создан исследовательский ядерный центр, и Я.П. Терлецкий был приглашён возглавить Отдел теоретической физики. К этому времени относится всплеск интереса Якова Петровича к проблемам ядерной физики. Вместе с В.Б. Магалинским им был разработан эффективный метод подсчета статистических весов заряженных частиц в теории множественного рождения.

Примерно в то же время (1952) Яков Петрович, развивая исследования Эйнштейна и де Бройля, выдвигает идею об использовании регулярных решений нелинейных полевых уравнений для описания структуры элементарных частиц и решения на этой основе проблемы расходимостей в квантовой теории поля. Впоследствии такие решения стали называть частицеподобными или солитонными. Яков Петрович считал, что статистическая теория нелинейного поля — основа будущей теории элементарных частиц. За рубежом аналогичные идеи развивал английский физик-ядерщик Т.Х.Р. Скирм, теория которого о барионе как топологическом солитоне получила признание и была востребована лишь с созданием квантовой хромодинамики и построением низкоэнергетических приближений для описания мезонной структуры нуклона (середина 1980-ых годов).

Для научного творчества Якова Петровича характерна смелость выдвигаемых идей и широта предлагаемых обобщений. Ярким примером может служить выдвинутая им в 1960 году (независимо от японского физика С. Танаки) гипотеза о существовании сверхсветовых частиц — тахионов. Эта гипотеза опиралась на идею о глубокой связи принципа причинности со вторым началом термодинамики и возможности нарушения последнего во флуктуациях. Введение тахионов позволяет по-новому взглянуть на многие проблемы современной физики, в частности, на проблему расходимостей в квантовой теории поля.

В 1962 году Яков Петрович изучает термодинамику больших гравитирующих систем, для которых несправедлив постулат об аддитивности энергии и энтропии, и пересматривает в связи с этим гипотезу Больцмана о малой вероятности больших флуктуаций, что имеет решающее значение для космогонии.

Для научного творчества Якова Петровича Терлецкого характерно то, что многие его идеи впоследствии стали широко развиваемыми направлениями, послужили отправными пунктами для создания новых методов и теорий. Так, в 1968 году им (совместно с В.И. Зубовым) была выдвинута ключевая идея о построении квазиравновесной теории кристаллов на основе несимметризованных относительно перестановок частиц функций распределений. Плодотворность этой идеи для объяснения сильно ангармонических эффектов в кристаллах подтверждается значительным количеством важных результатов, полученных В.И. Зубовым и его учениками.

О широте научных интересов Я.П. Терлецкого можно судить по списку его трудов, приводимому ниже. Особо хотелось бы отметить в связи с этим глубокий интерес Якова Петровича к термодинамике живых систем, которую он мыслил как теорию антидиссипативных процессов.

Нельзя обойти вниманием и педагогическую деятельность Якова Петровича Терлецкого, который до 1969 года был профессором кафедры теоретической физики МГУ, читая там курсы электродинамики и статистической физики. В Российском университете дружбы народов Яков Петрович начал работать в 1963 году, когда он организовал здесь кафедру теоретической физики, которой заведовал вплоть до своей кончины 15 ноября 1993 года. Среди учеников Якова Петровича можно упомянуть таких известных физиков, как академики Г.И. Будкер, А.Д. Сахаров, А.А. Логунов и Г.М. Гарибян.

Широко известны монографии Якова Петровича Терлецкого «Динамические и статистические законы физики» и «Парадоксы теории относительности», а также курс теоретической физики, включающий многократно переиздаваемые учебники «Статистическая физика» и «Электродинамика».

Заслуги Якова Петровича Терлецкого отмечены высшими правительственными наградами: Орденами Ленина и Трудового Красного Знамени. В 1944 году ему была присуждена премия имени М.В. Ломоносова, в 1951 году - Сталинская премия, а в 1972 году - Ленинская премия. В 1971 году Яков Петрович был избран членом Шведского королевского научного общества в городе Упсала.

Настоящий сборник трудов конференции является скромной данью его яркому таланту Исследователя.

НАУЧНЫЕ ТРУДЫ Я.П. ТЕРЛЕЦКОГО

1937

1. О предельном переходе квантовой механики в классическую // ЖЭТФ. Т. 7, вып. 11. — С. 1290–1298.

1939

2. Обобщение теоремы о невозможности классического объяснения магнетизма // ЖЭТФ. Т. 9, вып. 7. — С. 796–797.

1941

3. Релятивистская задача о движении электрона в переменном параллельном магнитном поле с осевой симметрией // ЖЭТФ. — Т. 11, вып. 1. — С. 96–99.
4. Исследование электронно-лучевого генератора с тормозящим электрическим полем // ДАН СССР. — Т. 30, № 7. — С. 608–610 (соавторы: С. Гвоздовер, Л. Лошаков).

1943

5. Области длин волн, возбуждаемых генератором типа Хана // ЖЭТФ. — Т. 13, вып. 3–4. — С. 104–109 (соавторы: А. Власова, С. Гвоздовер).

1945

6. Гидродинамическая теория поступательного броуновского движения // ЖЭТФ. — Т. 15, вып. 6. — С. 258–263 (соавтор: В. Владимирский).
7. К обоснованию замены временных средних фазовыми в статистической механике // ДАН СССР. — Т. 47, № 8. — С. 564–566.
8. Об устойчивости движения электрона в индукционных ускорителях типа бетатрон // J. Phys. USSR. — Т. 9, № 3. — С. 159–166.
9. Расчёт условий самовозбуждения электронно-лучевого генератора с тормозящим полем // Учёные записки МГУ. Физика. — Кн. 3, вып. 77. — С. 142–151.
10. Вычисление стационарной амплитуды простейшего электронно-лучевого генератора с тормозящим полем // Учёные записки МГУ. Физика. — Кн. 3, вып. 77. — С. 152–158.
11. Об индуцировании потоков быстрых заряженных частиц вращающимися намагниченными космическими телами // ДАН СССР. — Т. 47, № 2. — С. 104–105.

1946

12. Об индуцировании потоков быстрых заряженных частиц вращающимися намагниченными космическими телами // J. Phys. USSR. — Т. 10, № 4. — С. 377–382; ЖЭТФ. — Т. 16, вып. 5. — С. 403–409.
13. Об устойчивости движения электрона в индукционных ускорителях типа бетатрон // Учёные записки МГУ. Физика. — Кн. 4, вып. 95. — С. 49–61.
14. Космический индукционный ускоритель типа бетатрон // Учёные записки МГУ. Физика. — Кн. 4, вып. 95. — С. 62–67.
15. Вычисление энергии, приобретаемой зарядом, ускоряемым электромагнитным полем вращающегося намагниченного космического тела // Учёные записки МГУ. Физика. — Кн. 4, вып. 95. — С. 214–216.

1947

16. Является ли термодинамическая необратимость следствием квантовой механики? // ЖЭТФ. Т. 17, вып. 9. — С. 837–844.

1948

17. Звёзды, обладающие магнитными моментами, как возможные источники космических лучей // Вестн. МГУ. Сер. «Физика». — № 1. — С. 75–82.
18. Намагниченные звёзды как индукционные ускорители, создающие космические лучи // ЖЭТФ. — Т. 18, вып. 5. — С. 479–479.
19. Масса покоя электромагнитного излучения // ДАН СССР. — Т. 63, № 5. — С. 519–522.

20. Теория индукционных ускорителей // Вестн. МГУ. Сер. «Физика». — № 11. — С. 79-80.
21. Обсуждение статьи М.А. Маркова «О природе физического знания» // Вопросы философии. — № 3. — С. 228-231.
- 1949**
22. Происхождение космических лучей // ЖЭТФ. — Т. 19, вып. 12. — С. 1059-1075; Вестн. МГУ. — № 11. — С. 53-69.
23. Динамические и статистические законы физики. — М.: Изд-во МГУ. — 96 с.
- 1950**
24. Абсолютно ли возрастание энтропии в бесконечной вселенной? // ДАН СССР. — Т. 72, № 6. — С. 1041-1044.
25. О содержании задачи многих частиц в молекулярной физике // ЖЭТФ. — Т. 20, вып. 9. — С. 852-857.
- 1951**
26. К вопросу распространения электромагнитного поля пятен в атмосфере Солнца // ДАН СССР. — Т. 76, № 2. — С. 185-188 (соавтор П.Е. Колпаков).
27. Энергетический спектр первичной компоненты космических лучей // ЖЭТФ. — Т. 21, вып. 4. — С. 567-568 (соавтор А.А. Логунов).
28. О происхождении космических лучей // УФН. — Т. 44, вып. 1. — С. 46-49.
29. Проблемы развития квантовой теории // Вопросы философии. — № 5. — С. 51-61.
30. Об одной из книг по теоретической физике // Вопросы философии. — № 5. — С. 190-194.
- 1952**
31. О «флюктуационной» гипотезе Больцмана // ЖЭТФ. — Т. 22, вып. 4. — С. 506-507.
32. Электромагнитное излучение космических протонов и радиоизлучение галактики // ЖЭТФ. — Т. 22, вып. 4. — С. 507-509 (соавтор А.А. Корчак).
33. Функция распределения космических частиц первичной компоненты // ЖЭТФ. — Т. 23, вып. 6. — С. 682-685 (соавтор А.А. Логунов).
34. Проблемы развития квантовой теории // В кн. «Философские вопросы современной физики». — М.: Изд. АН СССР. — С. 432-444.
35. О содержании современной физической теории пространства и времени // Вопросы философии. — № 3. — С. 191-197.
- 1953**
36. О распределении частиц первичного космического излучения по энергиям // Изв. АН СССР, сер. физ. — Т. 17, № 1. — С. 119-135 (соавтор А.А. Логунов).
37. По поводу статьи Н.Ф. Овчинникова «Обсуждение доклада И.В. Кузнецова» // УФН. — Т. 50, вып. 1. — С. 157-158.
38. Об изложении основ специальной теории относительности // Вопросы философии. — № 4. — С. 207-212.
- 1954**
39. Структура элементарных частиц // ДАН СССР. — Т. 94, № 2. — С. 209-212.
40. Ускорение заряженных частиц движущейся намагниченной средой // ЖЭТФ. — Т. 26, вып. 2. — С. 129-138 (соавтор А.А. Логунов).
41. Об электроакустических волнах в газоразрядной плазме // ЖЭТФ. — Т. 27, вып. 5. — С. 542-548 (соавтор М.В. Конюков).
42. Теория происхождения космических лучей как астрофизическая проблема // Труды 3-го совещания по вопросам космологии. — М.: Изд. АН СССР. — С. 93-107.
43. Функции распределения частиц первичной компоненты космических лучей // Труды 3-го совещания по вопросам космологии. — М.: Изд. АН СССР. — С. 132-135 (соавтор А.А. Логунов).
- 1955**
44. Уточнение уравнения диффузии космических протонов в межзвёздной среде // ДАН СССР. — Т. 101, № 1. — С. 59-62.
45. Изотопический спин и гипотеза нейтронного заряда // ДАН СССР. — Т. 101, № 6. — С. 1035-1038.

46. Статистика систем с сохраняющимся зарядом и её применение к теории множественного рождения // ЖЭТФ. — Т. 29, вып. 2. — С. 151–157 (соавтор В.Б. Магалинский).
47. Ещё раз о флуктуациях в гравитирующих системах // ЖЭТФ. — Т. 29, вып. 2. — С. 237–241.
48. О коэффициенте диффузии частиц в намагниченной межзвёздной среде // ЖЭТФ. — Т. 29, вып. 5. — С. 701–702 (соавтор А.А. Логунов).
49. Электроакустические волны в газоразрядной плазме с учетом объёмной рекомбинации // ЖЭТФ. — Т. 29, вып. 6. — С. 874–876 (соавтор М.В. Конюков).
50. Статистика систем с сохраняющимся зарядом и её применение к теории множественного образования частиц // Изв. АН СССР, сер. физ. — Т. 19, № 6. — С. 617–623 (соавтор В.Б. Магалинский).

1956

51. О спектре первичных протонов // Изв. АН СССР, сер. физ. — Т. 20, № 1. — С. 17–21.
52. Диффузия и ускорение заряженных частиц в намагниченной межзвёздной среде // Изв. АН СССР, сер. физ. — Т. 20, № 1. — С. 22–23 (соавтор А.А. Логунов).
53. О релятивистских эффектах отталкивания в скалярном поле и притяжения в векторном поле // ЖЭТФ. — Т. 30, вып. 2. — С. 419–420.
54. Систематика Салама и Полкинхорне и гипотеза нейтронного заряда // ДАН СССР. — Т. 108, № 2. — С. 236–238.
55. О рациональной символике элементарных частиц // ЖЭТФ. — Т. 31, вып. 4. — С. 703–704.
56. Вступительная статья к книге «Вопросы причинности в квантовой механике». — М.: ИЛ. — С. 3–10.
57. О взаимопревращаемости элементарных частиц // Вопросы философии. — № 2. — С. 164–166.

1957

58. Получение сверхсильных магнитных полей путем быстрого сжатия проводящих оболочек // ЖЭТФ. — Т. 32, вып. 2. — С. 387–388.
59. Применение микроканонического распределения к статистической теории множественного рождения частиц // ЖЭТФ. — Т. 32, вып. 3. — С. 584–591 (соавтор В.Б. Магалинский).
60. О движении разреженной плазмы в переменном магнитном поле // ЖЭТФ. — Т. 32, вып. 4. — С. 927–928.
61. О вычислении флуктуаций и корреляций по методу Гиббса // Вестн. МГУ. Сер. «Физика. Астрономия». — № 4. — С. 119–124.

1958

62. О вычислении флуктуаций и корреляций по методу Гиббса // Nuovo Cim. — Т. 7. — С. 308–313.
63. О вычислении вероятностей координат по методу Гиббса // ЖЭТФ. — Т. 34, вып. 3. — С. 729–734 (соавтор В.Б. Магалинский).
64. Релятивистская задача о движении электрона в аксиально-симметричном магнитном поле, перемещающемся вдоль оси симметрии // ЖЭТФ. — Т. 34, вып. 4. — С. 1003–1005 (соавтор М.В. Конюков).
65. К теории движения ионизированного межзвёздного газа // Труды 6-го симпозиума «Электромагнитные явления в космической физике». — Кембридж: Изд. Кембриджского университета. — С. 281–283.
66. Исследование частицеподобных решений нелинейного уравнения скалярного поля // ЖЭТФ. — Т. 35, вып. 2. — С. 452–457 (соавторы: В.Б. Гласко, Ф. Лерюст, С.Ф. Шушурин).
67. К теории линейного бетатрона // Nuovo Cim. — Т. 9. — С. 930–941 (соавтор М.В. Конюков).

1959

68. Уравнения диффузии в фазовом пространстве для нелинейных систем // ЖЭТФ. — Т. 36, вып. 6. — С. 1731–1735 (соавтор В.Б. Магалинский).

69. Проблемы статистической физики и термодинамики гравитирующих систем // Труды 6-го совещания по вопросам космогонии. — М.: Изд. АН СССР. — С. 214–218.
70. Некоторые задачи о движении разреженной плазмы в магнитном поле // Труды конференции по магнитной гидродинамике. — Рига: Изд. АН СССР. — С. 60–62.
71. О нелинейном обобщении и интерпретации квантовой теории // Вопросы философии. — № 4. — С. 57–63.
72. Предисловие к книге Д. Бома «Причинность и случайность в современной физике». — М.: ИЛ. — С. 5–8.
73. Взаимопревращаемость элементарных частиц // В кн. «Философские вопросы современной физики». — М.: Изд. АН СССР. — С. 249–268.
74. Вступительная статья // В кн. «Философские проблемы современного естествознания». — М.: Изд. АН СССР. — С. 384–392.

1960

75. К статистической теории неравновесных процессов // Ann. der Physik. — Т. 5, № 5–6. — С. 296–307 (соавтор В.Б. Магалинский).
76. Принцип причинности и второе начало термодинамики // ДАН СССР. — Т. 133, № 2. — С. 329–332.
77. К статистической теории нелинейного поля // ДАН СССР. — Т. 133, № 3. — С. 568–571.
78. Принцип причинности и второе начало термодинамики // J. de Physique et le Radium. — Т. 21, № 10. — С. 681–684.
79. К статистической теории нелинейного поля // J. de Physique et le Radium. — Т. 21, № 11. — С. 771–775.
80. К теории движения электрона в линейном бетатроне // ЖТФ. — Т. 30, № 5. — С. 491–496 (соавтор Ц.И. Гуцунаев).
81. Возможное ускорение зарядов электромагнитным полем магнитного диполя Земли // Труды Международной конференции по космическим лучам. — М.: Изд. АН СССР. — Т. 3. — С. 239–244.
82. Проникновение в глубь элементарных частиц // В кн. «Naturwissenschaft und Philosophie». Труды Международного симпозиума по естествознанию и философии, посвящённого 550-летию Университета К. Маркса в Лейпциге. — Berlin: Akademie-Verlag. — С. 103–112.

1961

83. О физическом смысле отрицательных вероятностей // ЖЭТФ. — Т. 40, вып. 2. — С. 508–512 (соавтор Ж.-П. Вижье).
84. В глубь элементарных частиц // La Pensée. № 95. — С. 29–40.
85. Космологическая концепция Больцмана, её значение и дальнейшее развитие // В кн. «Тодор Павлов. Юбилейный сборник». — София: Изд. Болгарской АН. — С. 331–337.
86. Допустимы ли отрицательные массы? // Тезисы и программа 1-ой советской гравитационной конференции (Москва, 27–30 июня 1961). — М.: Изд-во МГУ. — С. 54–56.

1962

87. К термодинамике гравитирующих систем // Тезисы доклада на 1-ой научно-методической конференции по термодинамике. — М.: Гостоптехиздат. — С. 41–46.
88. Положительные, отрицательные и мнимые собственные массы // J. de Physique et le Radium. — Т. 23, № 11. — С. 910–920.

1963

89. Некоторые правила единой систематики элементарных частиц // ЖЭТФ. — Т. 44, вып. 5. — С. 1583–1586.
90. Частицы отрицательной массы // Труды международной конференции по релятивистской теории гравитации. Варшава–Яблона: Изд. Польской АН. — С. 330.

91. К вопросу о пространственной структуре элементарных частиц // В кн. «Философские проблемы физики элементарных частиц». — М.: Изд. АН СССР. — С. 100–108.
92. Космологическая концепция Больцмана, её значение и дальнейшее развитие // История и методология естественных наук. Сер. «Физика». — Вып. 2. — С. 114–120.

1964

93. О возможности макроскопических нарушений законов термодинамики // Известия ВУЗов. Сер. «Физика». — № 6. — С. 122–129.
94. О возможности макроскопических нарушений законов термодинамики // Ann. I.N.P. Section A: Physique Théorique. — Т. 1, № 4. — С. 421–430.
95. Космические лучи и частицы отрицательной массы // Ann. I.N.P. Section A: Physique Théorique. — Т. 1, № 4. С. 431–436.
96. Взаимопревращаемость элементарных частиц — основа современной атомистики // В кн. «Диалектика в науках о неживой природе». М.: Мысль. — С. 205–220.

1965

97. Космические лучи и частицы отрицательной массы // В кн. «Quasi-Stellar Sources and Gravitation Collapse». Chicago: University of Chicago. — P. 466.
98. Положительные, отрицательные и мнимые собственные массы // Труды по теории поля. Серия «Космология, гравитация и электродинамика». — Вып. 2. — М.: Изд. Моск. об-ва испытателей природы. — С. 16–37.
99. Некоторые следствия гипотезы отрицательных масс // Труды международной конференции по релятивистской теории гравитации. Лондон. — С. 3.
100. О равновесном излучении поля с отрицательной плотностью энергии // Труды УДН. Сер. «Физика». — Т. 11, вып. 1. — С. 53–55.
101. Парадоксы теории относительности. — М.: Изд-во УДН. — 140 с.

1966

102. Статистическая физика. — М.: Высшая школа. — 235 с.
103. Парадоксы теории относительности. — М.: Наука. — 120 с.

1967

104. Общие флуктуационные теоремы квантовой статистики // Ann. der Physik. — Т. 19, № 5–6. — С. 299–311 (соавтор Нгуен Танг).
105. Космологические следствия гипотезы отрицательных масс // В кн. «Современные проблемы теории гравитации». — Тбилиси: Изд. ТГУ. — С. 349–353.

1968

106. К квазиравновесной теории кристалла // Вестн. МГУ. Сер. «Физика. Астрономия». — № 5. — С. 53–60 (соавтор В.И. Зубов).
107. Частицеподобные решения общековариантного уравнения Клейна – Гордона // Тезисы докл. на 5-ой международной конференции по гравитации и теории относительности. — Тбилиси: Изд. ТГУ. — С. 274–277 (соавтор М.И. Стаквиловичус).

1969

108. Некоторые общие теоремы неравновесной статистической механики // Труды УДН. Серия «Физика», раздел «Теоретическая физика». — Т. 44, вып. 4. — С. 3–8.

1970

109. Кристалл как квазиравновесная система // Ann. der Physik. — Т. 24, № 3/4. — С. 97–109 (соавтор В.И. Зубов).

1971

110. О возможности одновременного измерения координаты и импульса частицы для прошлых моментов // C. R. Acad. Sc. Paris, sér. B. — Т. 272. — С. 1161–1163 (соавтор Л. де Бройль).

111. Дополнительность в статистической физике // История и методология естественных наук. Сер. «Физика». — Вып. 10. — С. 38–43.

1972

112. Тахионы и причинность // Тезисы докл. 3-й советской гравитационной конференции. — Ереван: Изд-во ЕрГУ. — С. 161–163.

113. Релятивистские ускоренные системы отсчета // Тезисы докл. 3-й советской гравитационной конференции. — Ереван: Изд-во ЕрГУ. — С. 51–54 (соавтор Ц.И. Гуцунаев).
114. Структурные особенности галактик как следствие экранирования ньютоновского гравитационного потенциала // Тезисы докл. 3-й советской гравитационной конференции. — Ереван: Изд-во ЕрГУ. — С. 316–320 (соавтор В.П. Колпаков).
115. Двойное решение де Бройля в нелинейной теории поля // Рефераты докладов 6-й научной конференции ф-та физ.-мат. и ест. наук УДН. — М.: Изд-во УДН. — С. 73–74.
- 1973**
116. Статистическая физика (второе издание). — М.: Высшая школа. — 278 с.
- 1974**
117. Превращается ли масса в энергию? // История и методология естественных наук. Сер. «Физика». — Вып. 15. — С. 3–15.
118. Некоторые вопросы электродинамики в произвольных пространственно-временных системах координат // Известия ВУЗов. Сер. «Физика». — № 12. — С. 29–34 (соавторы: Ц.И. Гуцунаев, В.Д. Казачков).
119. Дополнительность в статистической физике // Труды УДН. Сер. «Физика», раздел «Теоретическая физика». — Т. 70, вып. 8. — С. 3–10.
- 1976**
120. Частицеподобные решения общековариантного уравнения Клейна – Гордона // В кн. «Проблемы гравитации». — Тбилиси: Изд. ТГУ. — С. 552–564 (соавтор М.И. Стаквилевичус).
121. Применение релятивистски ускоренных систем отсчёта в электродинамике // *Ann. der Physik*. — Т. 33, № 1. — С. 55–69 (соавторы: Ц.И. Гуцунаев, В.Д. Казачков).
122. Связь особенностей метрики неинерциальной системы отсчёта с излучением // Известия ВУЗов. Сер. «Физика». — № 5. — С. 151–154 (соавторы: Ц.И. Гуцунаев, Ю.Г. Ермолаев).
123. Обобщение формул Льенара – Вихерта на случай неинерциальной системы отсчёта // Известия ВУЗов. Сер. «Физика». — № 5. — С. 154–155 (соавторы: Ц.И. Гуцунаев, Ю.Г. Ермолаев).
124. Некоторые вопросы теории излучения в пространстве-времени с неголономной метрикой // Тезисы Всесоюзной конференции «Современные теоретические и экспериментальные проблемы теории относительности и гравитации» (Минск, 1–3 июня 1976). — Минск: Изд. БГУ. — С. 183–185 (соавторы: Ц.И. Гуцунаев, Ю.Г. Ермолаев).
125. О зависимости устойчивости гравитирующих систем от характера гравитационного взаимодействия между частицами // В кн. «Релятивистская астрофизика, космология, гравитационный эксперимент». — Минск: Изд. БГУ. — С. 87–89 (соавтор В.П. Колпаков).
126. Электромагнитное излучение заряженного тахиона // В кн. «Классическая и квантовая теория гравитации». — Минск: Изд. БГУ. — С. 148–150 (соавтор В.И. Денисов).
127. О термодинамической устойчивости звёздных скоплений // Известия ВУЗов. Сер. «Физика». — № 6. — С. 134–136 (соавтор В.П. Колпаков).
128. Флуктуации давления по Гиббсу // Труды УДН. Сер. «Физика», раздел «Теоретическая физика». — Т. 80, вып. 9. — С. 3–8 (соавтор У. Бушайб).
129. О перспективах развития квантовой механики с неотрицательной КФР // Труды УДН. Сер. «Физика», раздел «Теоретическая физика». — Т. 80, вып. 9. — С. 70–96 (соавтор В.В. Курышкин).
130. Улучшенное несимметризованное приближение самосогласованного поля кристалла // В кн. «Проблемы статистической физики». — Тюмень: Изд. ТГУ. — С. 110–113 (соавтор В.И. Зубов).
- 1977**
131. Струноподобные решения нелинейного уравнения Клейна – Гордона // ДАН СССР. — Т. 236, № 4. — С. 828–829.

132. Заряженные частицы в классической полевой модели Максвелла – Дирака // В кн. «Проблемы квантовой физики». — М.: Изд. УДН. — С. 39–51 (соавтор В.В. Кассандров).
133. К кинетике реакций рождения и поглощения тахионов // Препринт ОИЯИ, P2-11149. — Дубна: ОИЯИ. — 7 с.
134. Вириальные неравенства // Препринт ОИЯИ, P2-11148. — Дубна: ОИЯИ. — 6 с.
- 1978**
135. Частицеподобные решения нелинейного уравнения Клейна – Гордона // *Ann. Fond. L. de Broglie*. — Т. 3, № 1. — С. 35–43 (соавтор А. Кумар).
136. О тахионах // В кн. «Tachyons, Monopoles, and Related Topics». — Amsterdam: North-Holland. — С. 47–48.
137. Дополнительность и необратимость // В кн. «Проблемы статистической и квантовой физики». — М.: Изд. УДН. — С. 3–16.
138. Флуктуации величин, усреднённых по времени в процессе измерения // Известия ВУЗов. Сер. «Физика». — № 6. — С. 72–75 (соавтор С.А. Некрасов).
- 1979**
139. Дополнительность и необратимость // История и методология естественных наук. Сер. «Физика». — вып. 21. — С. 3–11.
140. Квантовые и релятивистские вириальные неравенства // Известия ВУЗов. Сер. «Физика». — № 6. — С. 76–79.
- 1980**
141. К статистическому определению неравновесной энтропии // ДАН СССР. — Т. 255, № 1. — С. 83–85 (соавтор Нгуен Танг).
142. Электродинамика. — М.: Высшая школа, — 335 с. (соавтор Ю.П. Рыбаков).
- 1981**
143. Кинетически допустимые реакции рождения и поглощения тахионов // В кн. «Гравитация и электромагнетизм». — Минск: Изд-во БГУ. — С. 48–52.
144. Частицеподобные решения в модели двух взаимодействующих полей, электромагнитного и нелинейного скалярного // *Ann. Fond. L. de Broglie*. — Т. 6, № 1. — С. 73–84 (соавторы: Ф. Эдجو Овоно, В.В. Кассандров).
145. Отрицательные массы и энергетика вселенной // *Exp. Tech. der Physik*. — Т. 29, № 4. — С. 331–332.
146. Вселенная как нетермодинамическая система // Тезисы докладов 5-й советской гравитационной конференции. — М.: Изд-во МГУ. — С. 217.
- 1982**
147. Отрицательные массы и энергетические источники вселенной // *Ann. Fond. L. de Broglie*. — Т. 7, № 1. — С. 75–78.
148. Энтропия как динамическая переменная // II Всесоюзное совещание по избранным проблемам статистической физики. Тезисы докладов. — М.: Изд-во МГУ. — С. 35–36.
- 1983**
149. Исследование частицеподобных решений (ЧПР) в системе взаимодействующих скалярного, электромагнитного и гравитационного полей // Известия ВУЗов. Сер. «Физика». — № 3. — С. 105–111 (соавтор Ф. Эдجو Овоно).
150. Энтропия как динамическая переменная // Известия ВУЗов. Сер. «Физика». — № 12. — С. 96–100.
151. Частицеподобные решения в системе взаимодействующих скалярного, электромагнитного и гравитационного полей // Космические исследования на Украине. — Вып. 17. — Киев: Наукова думка. — С. 70–71 (соавторы: Ф. Эдجو Овоно, В.В. Кассандров).
- 1984**
152. К вопросу о знаке энергии гравитационного поля // Тезисы докладов 6-й советской гравитационной конференции. — М.: Изд-во УДН. — С. 34–35.
153. Парадокс Гиббса в классической статистической механике // В кн.: «Термодинамические свойства метастабильных систем». — Свердловск: Уральский научный центр АН СССР. — С. 3–7.

154. О термодинамической устойчивости звёздных систем // В кн.: «Проблемы квантовой и статистической физики». — М.: Изд-во УДН. — С. 3-6.
- 1985**
155. Пространственно-временная структура брадионов, люксонов и тахионов // В кн.: «Аналогии гравитационных и электромагнитных явлений». — М.: Изд-во УДН. — С. 3-8.
156. Квантовая задача системы частиц положительной и отрицательной массы // Депонент ВИНТИ АН СССР, — № 8496-В.
- 1986**
157. Случайное движение частицы, испускающей и поглощающей тахионы // Проблемы теории гравитации и элементарных частиц. — Вып. 17. — М.: Энергоатомиздат. — С. 19-25.
158. Пространственно-временная структура брадионов, люксонов и тахионов // Ann. Fond. L. de Broglie. — Т. 11, № 1. — С. 1-6.
159. Тензор энергии-импульса релятивистского идеального газа взаимопревращающихся частиц // Abstracts of Contributed Papers to 11th International Conference on General Relativity and Gravitation. — Stockholm, Sweden.
160. О принципе соответствия в нелинейной теории // Etudes Rwandaises. Série «Sciences Naturelles et Appliquées». — Т. 1, № 1. — С. 77-82.
- 1987**
161. Производство активной энергии в релятивистском газе взаимопревращающихся частиц // В кн.: «Всемирное тяготение и теории пространства и времени». — М.: Изд-во УДН. — С. 3-6.
162. Теоретическая механика. — М.: Изд-во УДН. — 159 с.
- 1988**
163. Диссипация и антидиссипация // В кн.: «Актуальные проблемы квантовой механики и статистической физики». — М.: Изд-во УДН. — С. 1-8.
164. Дополнительность и необратимость // В кн.: «Microphysical Reality and Quantum Formalism». — Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers. — С. 41-42.
165. Производство активной энергии в релятивистском газе взаимопревращающихся частиц // Ann. Fond. L. de Broglie. — Т. 13, № 1. — С. 1-5.
166. Космологические следствия гипотезы рождения из вакуума комплексов частиц положительной и отрицательной массы // Материалы 7-й Всесоюзной конференции «Современные теоретические и экспериментальные проблемы теории относительности и гравитации». — Ереван: Изд-во ЕрГУ. — С. 457.
- 1989**
167. Поле мнимых зарядов // Депонент ВИНТИ АН СССР, — № 2763-В89.
168. К термодинамике живой материи // Известия ВУЗов. Сер. «Физика». — № 9. — С. 32-35.
- 1990**
169. Поле мнимых зарядов // Ann. Fond. L. de Broglie. — Т. 15, № 1. — С. 59-66.
170. Электродинамика (второе издание). — М.: Высшая школа. — 351 с. (соавтор Ю.П. Рыбаков).
171. Космологические следствия гипотезы рождения из вакуума комплексов частиц положительной и отрицательной массы // В кн.: «Проблемы теоретической физики». — М.: Изд-во УДН. — С. 3-7.
172. Корпускулярно-волновой дуализм как реальность микромира в нелинейной полевой теории // В кн.: «Философские исследования оснований квантовой механики: К 25-летию неравенств Белла». — М.: Изд-во Философского общества СССР. — С. 106-111.
- 1991**
173. Квантовая механика. — М.: Изд-во УДН. — 208 с. (соавтор Ю.П. Рыбаков).
- 1994**
174. Передача информации полями или частицами отрицательной энергии // В кн.: «Проблемы квантовой и статистической физики». — М.: Изд-во РУДН. — С. 3-6.