

Памяти Семёна Соломоновича Герштейна

PACS number: 01.60. + q

DOI: <https://doi.org/10.3367/UFNr.2023.03.039343>

20 февраля 2023 г. на 94-м году жизни скончался выдающийся советский и российский физик-теоретик, академик Российской академии наук (РАН) Семён Соломонович Герштейн, внёсший фундаментальный вклад в атомную физику, физику частиц и астрофизику.

Семён Соломонович родился в г. Харбине (Маньчжурия) в семье советских граждан. В 1936 г. он вместе с семьёй переехал в Москву. В 1937–1938 гг. его родители были репрессированы (полностью реабилитированы в 1955–1956 гг.). С восьми лет Семён Соломонович воспитывался бабушкой А.И. Менделевич, работавшей фельдшером в заводском медпункте.

В 1946 г. Семён Соломонович закончил с золотой медалью среднюю школу и был принят на физический факультет Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова (МГУ). В 1951 г. он окончил физфак МГУ и был направлен по распределению на работу учителем в среднюю школу села Белоусово Калужской области, хотя руководитель его дипломной работы проф. А.А. Власов сделал всё возможное, чтобы оставить Семёна Соломоновича в аспирантуре или устроить в какое-либо научное учреждение. В Белоусово С.С. Герштейн проработал 3 года. Несмотря на нагрузку в школе (более 40 часов в неделю в две смены), Семён Соломонович за год с небольшим сумел подготовиться и сдать очень непростые экзамены по легендарному теоретическому минимуму Л.Д. Ландау. Он был последним, у кого Л.Д. Ландау принял все экзамены лично. После успешной сдачи Герштейном теорминимума Л.Д. Ландау рекомендовал Семёна Соломоновича Я.Б. Зельдовичу, занимавшемуся в то время (наряду с работой "по спецтема-тике" на объекте) теорией β -распада. Совместно с Я.Б. Зельдовичем С.С. Герштейн исследовал проблему влияния сильных взаимодействий на постоянную β -распада нуклона. Помимо скалярного (S) и тензорного (T) вариантов β -распада, которые в то время считались установленными экспериментально, авторы рассмотрели также векторный (V) и аксиально-векторный (A) варианты и пришли к заключению, что константа векторного варианта β -распада не перенормируется сильным взаимодействием нуклонов с пионами. Такова была первая печатная работа Семёна Соломоновича.

Три года спустя Р. Фейнман и М. Гелл-Манн переоткрыли результат С.С. Герштейна и Я.Б. Зельдовича и впоследствии признали приоритет советских учёных в открытии, по существу, нового фундаментального закона природы — сохранения векторного тока (СВТ), сыгравшего исключительно важную роль в создании современной картины микромира. Именно СВТ заставило физиков обратиться к теории Янга — Миллса, предложивших описание взаимодействий на основе калибровочных полей, источниками которых являются сохраняющиеся заряды. Эта идея послужила основой не только для создания единой теории электрослабых взаимодействий (одним из основных её положений является СВТ), но и квантовой хромодинамики.

Другим совместным результатом плодотворного сотрудничества С.С. Герштейна и Я.Б. Зельдовича, получившим



Семён Соломонович Герштейн
(13.07.1929 – 20.02.2023)

широкую известность, было установление в 1966 г. из космологических данных верхнего предела на суммарную массу всех стабильных нейтрино. Найденный предел на несколько порядков усиливал ограничения на массы мюонного и открытого позже τ -нейтрино, полученные в лабораторных экспериментах, а сама возможность подобных оценок стимулировала произошедшее в наши дни слияние космологии и физики элементарных частиц.

Весной 1955 г. Семён Соломонович по инициативе Л.Д. Ландау был принят в аспирантуру Института физических проблем (ИФП, директор — П.Л. Капица). После защиты в 1958 г. кандидатской диссертации Семён Соломонович два года работал в Ленинградском физико-техническом институте, где его близкими друзьями стали В.Н. Грибов, Ю.В. Петров и др.

В начале 1960 г. по приглашению А.А. Логунова и Н.Н. Боголюбова он переехал в г. Дубну на работу в Лабораторию теоретической физики Объединённого института ядерных исследований (ОИЯИ). Переезд во многом был

связан с тем, что в Лаборатории ядерных проблем (ЛЯП) готовилось несколько экспериментов, непосредственно связанных с его исследованиями. Продолжая работы, начатые А.Д. Сахаровым и Я.Б. Зельдовичем, Семён Соломонович развил теорию мезомолекулярных процессов и ядерных реакций синтеза изотопов водорода, вызываемых мюонами. Им был проведён расчёт уровней мезомолекул и процессов изотопного обмена с учётом поправок к адиабатическому приближению (в первом порядке по отношению масс мюона и ядер) и найден основной механизм образования мезомолекул с одинаковыми ядрами. При этом С.С. Герштейн указал на существование у мезомолекулы дейтерия ($dd\mu$) вращательно-колебательного уровня с малой энергией связи (меньше 7 эВ) и высказал предположение о том, что резонансное образование мезомолекул в данном состоянии может объяснить значительное увеличение скорости μ -катализа в газообразном дейтерии, обнаруженное в опытах группы В.П. Джелепова в ЛЯП ОИЯИ. Конкретный механизм резонансного образования мезомолекул $dd\mu$ был найден аспирантом С.С. Герштейна — Э. Весманом после того, как Семён Соломонович обратил его внимание на то, что энергия связи, выделяющаяся при образовании мезомолекулы $(dd\mu)^+$, может передаваться на возбуждение колебаний обычной молекулы, одним из ядер которой становится мезомолекулярный ион $(dd\mu)^+$. Полученный результат инициировал поиски аналогичного слабосвязанного уровня в мезомолекуле $d\mu$, состоящей из ядер дейтерия и трития. Такой уровень действительно был обнаружен группой физиков и математиков под руководством ученика Семёна Соломоновича академика РАН Л.И. Пономарёва.

Одним из интереснейших мезоатомных процессов, рассмотренных С.С. Герштейном, был быстрый переход между уровнями сверхтонкой структуры мезоатомов, происходящий благодаря обмену мюоном при столкновении мезоатома с ядром того же самого изотопа водорода. В мезоатомах водорода ($p\mu$) такой переход, как заметили С.С. Герштейн и Я.Б. Зельдович, увеличивал в четыре раза вероятность захвата мюона протоном, что представлялось очень важным для экспериментальной проверки ($V-A$) варианта слабого взаимодействия для мюонов. Согласно расчётам Семёна Соломоновича, скорость перехода атома $p\mu$ в нижнее состояние оказалась столь велика, что эксперимент можно было проводить в газе без усложняющего интерпретацию образования мезомолекул ($pp\mu$). Подобный опыт был проведён в 2008 г., спустя 50 лет после того, как он был предложен. Было обнаружено также сильное влияние переходов мезоатомов в нижнее состояние сверхтонкой структуры на вероятность μ -катализа (*эффект Герштейна – Вольфенштейна*). Предсказанный эффект наблюдался в большом числе опытов и для различных смесей изотопов. С.С. Герштейн указал, что большое сечение перехода мюона от изотопов водорода к ядрам других элементов с зарядом $Z \geq 3$ связан с пересечением молекулярных термов. Этот же механизм, как выяснилось, справедлив в атомной физике и оказывается существенным в условиях плазмы управляемого термоядерного синтеза (УТС).

Мезомолекулярные процессы и μ -захват стали предметом докторской диссертации Семёна Соломоновича, оппонентами на защите которой были академики А.Д. Сахаров, Б.М. Понтекоров и А.М. Балдин.

В 1962 г., ещё до открытия нейтральных токов и проведения нейтринных экспериментов, С.С. Герштейн совместно с Р.А. Эрамжаном и Нгуен Ван Хьеу показали, что для поиска нейтральных токов в области средних энергий можно использовать процесс возбуждения ядер при рассеянии нейтрино. Указанный процесс явился впоследствии наиболее убедительным доказательством осцилляций солнечных нейтрино и справедливости Стандартной модели Солнца.

В 1964 г. С.С. Герштейн перешёл на работу в Институт физики высоких энергий (ИФВЭ) и принял активное участие в выработке программы исследований на строящемся ускорителе. Совместно с группой экспериментаторов он участвовал в подготовке программы нейтринных экспериментов, включая опыты с фотоэмюльсиями для поиска короткоживущих частиц.

Позже Семён Соломонович вместе со своими учениками выполнил цикл работ по рождению очарованных кварков в нейтринных экспериментах. Оценки адронного сечения Y -мезона и его радиальных возбудителей позволили авторам определить предпочтительный заряд b -кварка.

В последовавшей после открытия b -кварка серии работ С.С. Герштейна с группой молодых учёных (А.К. Лиходед, В.В. Киселёв и др.) были выполнены расчёты спектра масс, времена жизни и сечения рождения $B_c(b\bar{c})$ -мезона и его возбуждений, подтверждённых позднее в экспериментах на коллайдерах FNAL (Лаборатория Ферми) и Большом адронном коллайдере (LHC). В последних измерениях (2019 г.) групп CMS, LHC_b и ATLAS на коллайдере LHC обнаружены радиальные возбуждения B_c -мезона $B_c^*(2S)$. Изучение рождения адронов, состоящих из тяжёлых кварков, позволило оценить характеристики другого объекта — бариона с двумя тяжёлыми кварками. Предсказания теории подтвердились в 2018 г., когда впервые наблюдался барион с двумя очарованными кварками.

В последние годы Семён Соломонович рассмотрел некоторые следствия из полевой теории гравитации, развитой А.А. Логуновым. В частности, в совместной работе с А.А. Логуновым, М.А. Мествиришвили и Н.П. Ткаченко он получил из данных по анизотропии реликтового излучения ограничение на возможную массу гравитона, более чем на три порядка усилившее прежний предел.

На протяжении многих лет С.С. Герштейн занимался преподаванием физики: в 1958–1959 гг. — в Ленинградском политехническом институте, в 1961–1962 гг. — в филиале физического факультета МГУ в Дубне, а с 1963 г. читал общие курсы теоретической физики в Московском физико-техническом институте (МФТИ). В числе его бывших студентов крупные учёные, вспоминающие его с благодарностью. Семён Соломонович заслуженно гордится тем, что из числа его учеников школы в селе Белоусово четверо стали докторами наук, более десяти, окончив филиал Московского инженерно-физического института (МИФИ), работали в Физико-энергетическом институте в Обнинске.

Семён Соломонович много занимался популяризацией науки. Будучи членом редколлегии энциклопедии "Физика микромира" и редактором-консультантом Большой советской энциклопедии (БСЭ), он написал для этих изданий более десятка статей. До настоящего времени он был членом редколлегии журналов *Природа*, *Ядерная физика* и *Теоретическая и математическая физика*, а также членом бюро Отделения физических наук (ОФН) РАН и экспертных комиссий ОФН РАН.

Личность Семёна Соломоновича отличала доброжелательность и вместе с тем непримиримость ко всевозможным проявлениям нечистоплотности в науке и человеческих отношениях. Ему всегда был чужд клановый подход к решению спорных вопросов, и он никогда не устал повторять, что "принципиальная позиция — самая правильная".

Коллеги, ученики и друзья глубоко скорбят о кончине Семёна Соломоновича Герштейна и навсегда сохраняют благодарную память о нём в своих сердцах.

С.П. Денисов, Л.М. Зелёный, С.В. Иванов,
В.В. Кведер, А.К. Лиходед, В.А. Матвеев,
В.А. Петров, А.Ю. Румянцев, А.Н. Скринский,
Н.П. Ткаченко, Н.Е. Тюрин, Б.Ю. Шарков.