

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУКPERSONALIA

ПАМЯТИ С. З. БЕЛЕНЬКОГО

21 сентября 1956 г. на 41-м году жизни скончался Семен Захарович Беленький, видный физик-теоретик, широко известный главным образом своими работами в области физики космических лучей.

С. З. Беленький родился в Москве 14 июня 1916 г. По окончании школы-семилетки в 1931 г. Семен Захарович два года учился и работал в ФЗУ Московского электротехнического завода. В 1933 г. он поступил на физический факультет Московского университета, который в 1938 г. окончил с отличием и был оставлен в аспирантуре. С 1941 по 1943 г. С. З. работал в Центральном аэро-гидродинамическом институте (ЦАГИ), а затем перешел в докторантуру физического Института АН СССР. Здесь он в 1946 г. защитил докторскую диссертацию и продолжал работать в качестве старшего научного сотрудника; с 1948 г. Семен Захарович был заведующим одним из секторов теоретического отдела.

Первая научная работа Семена Захаровича была выполнена на последнем курсе университета и посвящена теории рассеяния рентгеновских лучей¹. В этой работе показано, что некогерентное рассеяние электромагнитных волн и, в частности, рентгеновских лучей можно рассматривать как рассеяние на флюктуирующих плотности электронов. Такая интерпретация общей квантовомеханической формулы для интенсивности рассеяния близка к известному классическому истолкованию процесса рассеяния и обладает несомненной методической ценностью. Применение такого метода расчета к случаю рассеяния рентгеновских лучей в Ферми-газе позволяет просто и наглядно прийти к окончательным формулам для интенсивности рассеяния^{1, 2}; то же относится и к случаю рассеяния света в Бозе-газе².

Эти первые научные результаты имели, конечно, гораздо большее, косвенное значение: они показали С. З., что он может с успехом заниматься теоретической физикой, показали ему, как интересна и увлекательна самостоятельная работа. Очень скоро, уже в конце 1938 г., у С. З. в качестве аспиранта Института физики МГУ появилась полная возможность сосредоточить все свое внимание на решении трудной и в то же время очень важной теоретической задачи. Задача эта, поставленная перед ним его руководителем по аспирантуре И. Е. Таммом, относилась к области теории каскадных ливней в космических лучах. Это был период, когда в космических лучах только что был открыт μ -мезон, когда изучение каскадных (электронно-фотонных) ливней только начиналось. В работах Баба и Гайтлера, Карлсона и Оппенгеймера, Ландау и Румера уравнения теории ливней были сформулированы, но решены они были фактически только при пренебрежении ионизационными потерями. Между тем учет ионизационных потерь крайне существенен и без него сопоставление теории с опытом в большинстве случаев просто невозможно. С другой стороны, учет ионизационных потерь далеко не просто, в силу чего вначале это пытались сделать кустарными методами. С. З. показал, что эти методы неудовлетворительны и дал полное решение проблемы. В его первой (совместной с И. Е. Таммом) работе³ на эту тему уравнения каскадной теории с учетом ионизационных потерь еще не были полностью решены, но была найдена очень существенная для сопоставления с опытом интегральная характеристика — так называемый «равновесный спектр» каскадных электронов. Когда электрон (или фотон) данной энергии E_0 входит в слой вещества, то по мере удаления от границы среды спектр вторичных электронов все время изменяется и, таким образом, число электронов P является функцией пройденного каскадом пути t и энергии электронов E . Упомянутый «равновесный спектр» есть интеграл от P по t , т. е. он определяет зависимость числа электронов только от энергии. На опыте такой спектр можно наблюдать, когда мягкая компонента (электроны, позитроны и фотоны) находится в равновесии с генерирующей их μ -мезонной компонентой космических лучей. «Равновесный спектр Тамма — Беленького» приобрел известность и широко используется. Однако нахождение равновесного спектра решает, очевидно, лишь часть задачи; полное же ее решение, т. е. нахождение самого спектра каскадных электронов с учетом ионизационных потерь, было осуществлено С. З. в последующей работе⁴, послужившей фундаментом для его кандидатской диссертации⁵, защищенной в 1941 г. Той же проблемой занимались в дальнейшем и другие авторы,

но при этом не только не было получено ничего нового, но в некоторых случаях были введены ненужные усложнения и лишние приближения (см. 15, 22, 23, 25).

Несмотря на достигнутый большой успех, построение каскадной теории ливней не было еще завершено полностью, тем более, что развитие эксперимента ставило новые задачи. В литературе отсутствовала теория ливней, пригодная для тяжелых элементов, например для особенно часто используемого свинца. Не были также достаточно полно рассмотрены вопросы об угловом распределении лавинных частиц, о роли рассеяния в каскадных процессах и некоторые другие. Поэтому С. З. в тесной связи с задачами, решавшимися на опыте, предпринял целую серию дальнейших исследований, в которых были решены все перечисленные вопросы и практически завершено развитие теории каскадных (электронно-фотонных) ливней. К этому циклу относятся работы^{6,7,9,10}, вошедшие в его докторскую диссертацию¹⁴, а также ряд последующих статей^{16,18,19,20,21,23,24,25,26}. Сюда же относятся несколько работ, выполненных под руководством С. З., В. Я. Файнбергом, П. С. Исаевым и И. П. Иваненко.

В 1948 г. вышла из печати монография С. З. Беленького «Лавинные процессы в космических лучах», которая была отмечена премией им. Н. Д. Папалекси по физике. Результаты последующих исследований в области теории ливней освещены в написанном совместно с И. П. Иваненко обзоре³⁹, который был закончен незадолго до смерти С. З. и еще не вышел из печати.

Работы С. З. Беленького по каскадной теории ливней имеют фундаментальное значение для этой области и для физики космических лучей в целом. Эти исследования получили высокую оценку и признание в мировой литературе.

Изучение электромагнитных процессов при больших энергиях и, в особенности, каскадных ливней хотя и проходит красной нитью почти через всю деятельность С. З., отнюдь не является единственным направлением его исследований. Он проводил работу еще в двух областях. Первая из них — гидродинамика, которой С. З. начал заниматься с поступлением в 1941 г. в ЦАГИ. Помимо решения ряда практических задач, в течение последующих нескольких лет, часто параллельно с работой в области физики космических лучей, С. З. успешно рассмотрел несколько интересных гидродинамических проблем. Так, им впервые доказана очень общая и изящная теорема, связывающая волновое сопротивление тела в сверхзвуковом потоке с возрастанием энтропии в скачках уплотнения⁸. Эта теорема не только облегчает в ряде случаев рассмотрение сопротивления тел заданной формы, но и имеет принципиальное значение. Затем С. З. была дана теория так называемых «конденсационных» скачков, возникающих в результате внезапной конденсации паров воды при обтекании тел влажным воздухом или, например, при пропускании такого воздуха через сопла Лаваля^{11,13,17}. Теория конденсационных скачков, развитая С. З., нашла экспериментальное подтверждение¹³. К гидродинамическим работам С. З. относятся также две статьи^{12,27}, которые остались неопубликованными*).

Третий круг вопросов, которыми занимался С. З. Беленький, — это гидродинамическая и статистическая теория множественного образования частиц при высоких и сверхвысоких энергиях.

В последние годы, как известно, центр тяжести в физике космических лучей и, вообще, физике частиц высокой энергии переместился в область изучения ядерного взаимодействия, в область рождения различных мезонов и гиперонов. Большую роль в этой области сыграла статистическая теория множественного рождения частиц, выдвинутая в 1950 г. Ферми. Исходная идея Ферми о том, что при больших энергиях вероятность процесса в основном определяется статистическим весом конечного состояния, была правильной и очень плодотворной. Но теория Ферми в своей первоначальной форме не учитывала стадию расширения составной системы, образующейся после столкновения двух нуклонов высокой энергии. Л. Д. Ландау показал, что эта стадия может быть рассмотрена гидродинамическими методами и решил уравнения релятивистской гидродинамики, описывающие расширение составной системы. Однако для сравнения с опытом очень важно было обобщить теорию Ландау на практически важные случаи столкновения нуклона с ядром и столкновения двух ядер. Эта весьма сложная в математическом отношении задача была решена С. З. Беленьким (совместно с Г. А. Милехиным)^{30,32,34}. Далее, С. З. подробно проанализировал вопрос о числе частиц различных типов, образующихся в стадии разлета, следующей за гидродинамической стадией^{28–30,32–34}. В частности, С. З. указал остроумный способ определения температуры системы в стадии разлета на основе экспериментальных данных.

Применение статистической теории Ферми ограничено областью очень больших энергий. Между тем область сравнительно небольших энергий (порядка нескольких Бэв) также представляет большой интерес, так как именно с такими энергиями встречаются при работе с современными космотронами. С. З. успешно обобщил

*) Обе эти работы появятся посмертно в трудах ФИАН СССР.

теорию Ферми и распространил ее тем самым на случай небольших энергий, когда число образующихся частиц невелико. Он показал, что в статистическую теорию можно чисто феноменологическим путем ввести взаимодействие π -мезона с нуклоном, предположив наличие виртуального или реального уровня у системы мезон-нуклон с обычным и изотопическим спинами, равными $\frac{3}{2}$ (см. ^{31, 36}). В дальнейшем С. З. показал ³⁸, что введение в статистическую теорию изобарного состояния эквивалентно учету взаимодействия между π -мезонами и нуклонами, приводящего к резонансному рассеянию π -мезонов на нуклонах (как известно, именно это и имеет место на опыте). Если прежняя статистическая теория Ферми давала при энергии протонов около 2 Бэв расхождение с опытом в 20 раз, то теория Беленького, учитывающая взаимодействие мезона с нуклоном, вполне удовлетворительно согласуется с опытными данными.

К тому же циклу исследований относится работа С. З. совместно с Н. М. Герасимовой ³⁷ по теории ядерно-каскадного процесса, вызванного частицами с энергией 10^{14} — 10^{18} эв.

Другим направлением, которым занимался С. З. в последнее время, была феноменологическая теория рассеяния нуклонов нуклонами и π -мезонов нуклонами при больших энергиях ³⁵.

У С. З. было много идей и планов дальнейших исследований в области множественного рождения частиц и теории столкновения частиц при больших энергиях. Он занимался этими вопросами до последних дней жизни.

В течение длительного периода С. З. отдавал также много сил решению важных прикладных задач. В этой области он получил весьма существенные результаты. Его заслуги были отмечены орденом Ленина и Сталинской премией.

Много внимания С. З. уделял научному воспитанию молодежи. Под его руководством работала группа аспирантов, был подготовлен ряд диссертаций. Для С. З. как руководителя была характерна высокая требовательность и в то же время умение предоставить самостоятельность в работе.

Характерными особенностями научного стиля С. З. являются ясная физическая постановка задачи, глубокий анализ изучаемой проблемы, применение остроумных и наиболее эффективных математических методов, доведение расчетов до численных результатов, допускающих непосредственное сравнение с экспериментом.

С. З. был не только талантливым физиком, он был по-настоящему незаурядным и цельным человеком. Он обладал острым, резким и оригинальным умом и способностью трезво и точно анализировать действительность. Его отличали самостоятельность, полная определенность суждений и органическая принципиальность. Он не любил половинчатых людей и половинчатых мнений. Ему была чужда всякая фраза или поза, он никогда не гнался за дешевым успехом. Прямота С. З. иногда граничила с резкостью. Недаром его боялись те, кто предпочитает в жизни и в науке не прямые, а окольные пути. Вместе с тем С. З. был надежным, преданным другом и заботливым, доброжелательным руководителем для младших товарищей.

С. З. всегда горячо волновали общественные вопросы, он был активен в общественной жизни. С 1931 г. он был членом ВЛКСМ и с 1939 г. членом КПСС.

Круг его интересов был очень широк. Он был разносторонне образованным человеком, превосходно знал литературу и историю, обладал хорошим литературным вкусом, был остроумным и находчивым собеседником.

Семен Захарович по-настоящему любил науку, работал, напрягая все силы, и немногие знали, насколько тяжело он был болен последние годы.

Безвременная смерть Семена Захаровича Беленького — тяжелая утрата для теоретической физики, для всех, кто его хорошо знал и работал с ним.

Б. Т. Гейликман и В. Л. Гинзбург

СПИСОК НАУЧНЫХ РАБОТ С. З. БЕЛЕНЬКОГО

1. «К теории рассеяния рентгеновых лучей», ЖЭТФ 10, 617 (1940).
2. «Флуктуации плотности и рассеяние света в газах Бозе — Эйнштейна и Ферми — Дирака» (совместно с В. С. Фурсовым и А. Д. Галаниным), Journ. of Phys. 4, 349 (1940).
3. «О мягкой компоненте космических лучей на уровне моря» (совместно с И. Е. Таммом), Journ. of Phys. 1, 177 (1939).
4. «К лавинной теории ливней», ДАН 30, 603 (1941).
5. «Лавинная теория ливней». Диссертация на соискание ученой степени кандидата физ.-мат. наук, МГУ, 1941.
6. «Распределение ливневых частиц по углам», ДАН 36, 106 (1942).
7. «О ширине ливня», ЖЭТФ 14, 129 (1944); Journ. of Phys. 8, 9 (1944).
8. «О волновом сопротивлении тел в сверхзвуковом потоке», Прикладная математика и механика 8, 84 (1944).
9. «К теории ливней в тяжелых элементах», ЖЭТФ 14, 384, (1944); Journ. of Phys. 8, 305 (1944).

10. «О влиянии рассеяния в каскадных процессах», ЖЭТФ 15, 7, (1945); Journ. of Phys. 8, 347 (1944).
11. «О конденсационных скачках», ДАН 48, 173 (1945).
12. «К теории обтекания клина потоком газа со сверхзвуковой скоростью», 1945.
13. «Влияние конденсации паров воды на сверхзвуковые течения» (совместно с В. А. Андреевым), Труды ЦАГИ, № 579, 1946.
14. «Ливневые процессы». Диссертация на соискание ученой степени доктора физ.-мат. наук, ФИАН, 1946.
15. «Энергетический спектр каскадных электронов» (совместно с И. Е. Таммом), Phys. Rev. 70, 660 (1946).
16. «Ионизационные ливни, создаваемые мезотронами», ЖЭТФ 16, 465 (1946); Journ. of Phys., 10, 144 (1946).
17. «Устойчивость конденсационных скачков», Технические отчеты ЦАГИ, № 84, 1947.
18. «Большие толчки и спин мезотрона», ЖЭТФ 17, 204 (1947).
19. «Каскадная теория с учетом ионизационных потерь», ЖЭТФ 17, 189 (1947).
20. «Большие ионизационные толчки», Сборник «Мезон», Гостехиздат, 1947.
21. «Проникающие ливни в космических лучах» (совместно с Л. Е. Лазаревой), Сборник «Мезон», Гостехиздат, 1947.
22. «Лавинные процессы в космических лучах», монография, 243 стр., Гостехиздат, 1948.
23. «О «равновесном» спектре лавинных электронов», ДАН 61, 621 (1948).
24. «О вычислении моментов функции распределения лавинных частиц», ЖЭТФ 19, 940 (1949).
25. «Некоторые вопросы каскадной теории», Известия АН СССР, серия физ., 14, 95 (1950).
26. «Рассеяние лавинных частиц в тяжелых элементах» (совместно с Б. И. Максимовым), ЖЭТФ 22, 102 (1952).
27. «Об уравнениях гидродинамики с учетом излучения» (1948).
28. «Об образовании тяжелых частиц при столкновениях с большой энергией», ДАН 99, 523 (1954).
29. «К теории множественного образования частиц при больших энергиях», ЖЭТФ 28, 111 (1955).
30. «Множественное образование частиц при соударениях нуклонов большой энергии с ядрами» (совместно с Г. А. Милехиным), ЖЭТФ 29, 20 (1955).
31. «О множественном образовании мезонов при энергиях 1—2,2 Бэв» (совместно с А. И. Никишевым), ЖЭТФ 28, 744 (1955).
32. «Гидродинамическая теория множественного образования частиц» (совместно с Л. Д. Ландау), УФН 56, 309 (1955). Сокращенный вариант: Nuovo Cimento Supplemento 3, № 1, 15 (1956).
33. «Об аннигиляции антинуклонов с образованием звезд» (совместно с И. Л. Розенталем), ЖЭТФ 30, 595 (1956).
34. «К теории множественного образования частиц», Известия АН СССР, серия физ., 19, 611 (1955).
35. «О дифракционном рассеянии π -мезонов больших энергий на нуклонах», ЖЭТФ 30, 983 (1956).
36. «Статистическая теория множественного образования частиц» (совместно с В. М. Максименко, А. И. Никишевым и И. Л. Розенталем). Доклад на конференции по физике частиц высокой энергии, май 1956 г. (Подготовлено к печати в виде обзора для УФН.)
37. «О поглощении ядерно-активных частиц большой энергии» (совместно с Н. М. Герасимовой), ЖЭТФ (в печати).
38. «Связь между рассеянием и множественным образованием частиц», Nuclear Physics 2, 259 (1956), ЖЭТФ (в печати).
39. «Каскадная теория ливней» (совместно с И. П. Иваненко). (Подготовлено к печати для УФН.)