

## Статья "Расширение алгебры генераторов группы Пуанкаре и нарушение P-инвариантности." (1971) .

В пионерской работе [1] Юрий Гольфанд и его аспирант Евгений Лихтман ввели в физику принципиально новое понятие, которое, позднее, получило название суперсимметрии. В физике частиц, суперсимметрия, которая включает симметрию по отношению к Ферми-Бозе преобразованиям, это чрезвычайно мощная идея. На уровне квантовой механики, она использует некоторый квантовый оператор, назовём его  $Q$ , под действием которого бозон превращается в фермион и обратно. На операторном языке это выглядит так,  $Q|boson \rangle = |fermion \rangle$  и  $Q|fermion \rangle = |boson \rangle$ . А поскольку это симметрия, оператор  $Q$  должен коммутировать с гамильтонианом  $[Q, H] = 0$ . Такая теория называется суперсимметричной, а оператор  $Q$ - суперзарядом. Поскольку оператор суперзаряда преобразует частицу со спином  $1/2$  в частицу со спином  $1$ , суперзаряд должен быть спинором с собственным спином  $1/2$ .

В настоящее время, именно идеи суперсимметрии вдохновляют поиски новой физики за пределами Стандартной Модели. Интересно, что физические приложения мало интересовали Гольфанда и Лихтмана. Они, скорее, пытались формально объединить в теории фермионы с бозонами, интересуясь математической стороной проблемы нетривиального объединения группы Пуанкаре с группой внутренних симметрий.

Группа Пуанкаре это группа пространственно-временных симметрий в релятивистской квантовой теории поля. Эта группа включает пространственные вращения, пространственно-временные трансляции и бусты (специальные преобразования в пространстве Минковского). Действие преобразований группы описывается алгеброй группы, которая определяется коммутационными соотношениями между генераторами инфинитизимальных преобразований. Всё это бозонные симметрии, как и должно быть, поскольку

и сохранение энергии-импульса, и Лоренц инвариантность присущи классической физике.

Однако, группа Пуанкаре имеет также представление, которое описывает фермионы. Так и должно быть, поскольку частицы со спином  $1/2$  описываются релятивистски инвариантным уравнением, уравнением Дирака. Но если есть частицы со спином  $1/2$ , то может быть существуют и генераторы спина  $1/2$  в алгебре пространственно-временных симметрий. Оказывается существуют! Введя такие генераторы симметрии, Гольфанд и Лихтман впервые сконструировали оператор суперзаряда, упомянутый выше. Таким образом, они получили теорию групп суперсимметричных преобразований в четырёх пространственно-временных измерениях и, используя этот новый тип симметрии построили первую суперсимметричную квантовую теорию поля.

К большому сожалению, их работа оставалась неизвестной, как в СССР, так и на Западе, пока, через несколько лет, суперсимметрия не стала основной темой исследований в физике частиц. В 1972 году Гольфанд был аттестован как наименее полезный исследователь в теоретическом отделе ФИАН и уволен по сокращению штатов в 1973 году. В течении семи лет он оставался безработным, пока, под давлением мирового научного сообщества, не был снова принят на работу в 1980 году. Яркое описание тех драматических событий содержится в статье [2].

---

[1] Гольфанд Ю.А., Лихтман Е.П. Письма в ЖЭТФ 13, 452 (1971)

[2] M. Shifman, Introduction to the Yuri Golfand Memorial Volume "Many Faces of Superworld" (World Scientific, 2000), доступна в сети по адресу <http://arxiv.org/abs/hep-th/9909016v1>