

Новая перспектива нарушения CP и T симметрий

Э. Аштекар (США)

Реферат подготовил М.Х. Шульман (shulman@dol.ru, www.timeorigin21.narod.ru)

arXiv:1307.1331v1 [gr-qc] 4 Jul 2013

A new perspective on CP and T violation

Abhay Ashtekar (ashtekar@gravity.psu.edu)

Institute for Gravitation and the Cosmos & Physics Department,
Penn State, University Park, PA 16802, U.S.A.

Для интерпретации любого эксперимента нужна теоретическая парадигма. Для экспериментов по нарушению симметрий CP и T в слабых взаимодействиях должен быть сделан стандартный выбор математического контекста квантовой физики. Это естественно, поскольку наилучшее доступное описание электрослабых взаимодействий основано на локальной квантовой теории поля. Однако в настоящей публикации показано, что в действительности можно анализировать эксперименты, связанные с нарушением симметрии T, при гораздо более общих условиях. Классическая механика, квантовая механика и квантовая теория поля дают только специальные примеры этой общей ситуации. Как часто бывает, поскольку эта ситуация характеризуется гораздо более бедной структурой, анализ становится намного проще. В результате те аспекты квантовой физики, которые являются действительно существенными для интерпретации экспериментов по нарушению симметрий CP и T, выводятся на передний план. Они явным образом отделяются от других свойств, которые, не будучи центральными, в общем случае интерпретируются как в той же мере существенные.

В частности, ни линейная структура, ни тонкости внутреннего произведения эрмитовых операторов пространства квантовомеханических состояний оказываются несущественными. Нет необходимости в том, чтобы симметрии обязательно представлены унитарными или анти-унитарными операторами; на самом деле, они даже не должны быть представлены линейными операторами! Во-вторых, первичное различие между T с одной стороны и C, P или CP с другой стороны состоит лишь в том, что в то время как пространства 'входных (in)' и 'выходных (out)' состояний инвариантны относительно C, P и CP по отдельности, отображение T переводит входные (incoming) состояния в выходные (outgoing). В стандартной квантовой механике симметрии C, P и CP представлены линейными унитарными отображениями, тогда как T представлено анти-линейным и анти-унитарным отображением. Однако, если использовать только такую структуру, которая подразумевается общей механикой, то оказывается, что в противоположность широко распространенному мнению это отличие не является главным между критериями Кюри и Кабира.

Концептуальная структура, важная для интерпретации экспериментов, так слаба, что, даже если квантовая физика была бы заменена некоторой более общей концепцией – например, ее объединением с общей теорией относительности, – текущие эксперименты с максимальным правдоподобием позволяют нам заключить, что фундаментальные законы Природы остаются

инвариантными при обращении времени. В рамках совместных встреч физиков и философов это – формула ‘ответа’ на статью [1], представленную д-ром Робертсоном, в которой он концентрировал концептуальные объяснения экспериментов, установившие нарушения CP и T симметрий. Его ясная презентация привела автора данной публикации к уточнению собственного понимания технических конструкций при анализе этих экспериментов. Данное сообщение является результатом подобного переосмысления.

В терминологии д-ра Робертса анализ эксперимента Кронина-Фитча по нарушению симметрии CP может быть основан на принципе Кюри и, в отношении экспериментов CPLEAR по нарушению симметрии T, на принципе Кабира. При текущем анализе нарушения симметрии CP используют следующую форму принципа Кюри: если начальное состояние σ_i инвариантно относительно CP, но ее финальное состояние в результате эволюции таковым не является, то динамика не может быть CP-инвариантной. Далее, в разделе 3 работы [1] непосредственная очевидность нарушения T-симметрии вытекает из другой идеи, которую Робертс именуется принципом Кабира. Она снова формулируется в рамках квантовой механики: если переход $\sigma_i \rightarrow \sigma_f$ происходит с различной вероятностью для $T\sigma_f \rightarrow T\sigma_i$, то динамика этого процесса не может быть инвариантна относительно обратимой во времени операции T. Эти принципы подробно обсуждаются в разделах II и III публикации.

Ссылки

- [1] B. W. Roberts, Three merry roads to T-violation, talk at the Workshop on Cosmology and Time, held at Penn State, April 2013; arXiv:1306.6382.
- [2] B. W. Roberts, Comment on Ashtekar: Generalization of Wigner’s Principle, arXiv:1306.6381.
- [3] J. H. Christenson, J. W. Cronin, V. L. Fitch and R. Turlay, Evidence for the 2π decay in the K_2^0 meson, Phys. Rev. Lett. 13, 138-140 (1964).
- [4] S. Weinberg, *Quantum Theory of Fields* Vol 1, pp 244-246 (Cambridge University Press, Cambridge, 1995).
- [5] R. F. Streater and A. Wightman, *PCT, Spin, Statistics and All That*, Chapter 4 (Benjamin, New York, 1964).
- [6] J. Yngvason and H. J. Borchers, H. J. On the PCT-theorem in the theory of local observables, arXiv:math-ph/0012020.
- [7] CPLEAR collaboration, First direct observation of time reversal non-invariance in the neutral kaon system, Phys. Lett. B444, 43-51 (1998).
- [8] L. Alvarez-Gaume, C. Kounnas and P. Pavlopoulos, Violation of time reversal invariance and CPLEAR measurements, Phys. B458, 347-354 (1999).
- [9] J. Ellis and N. E. Mavromatos, Comments on CP, T and CPT violation in neutral kaon decays, Phys. Rept. 320, 341-354 (1999).
- [10] A. Ashtekar and T. Schilling, Geometrical formulation of quantum mechanics, in: *On Einstein’s Path*, edited by A. Harvey (Springer-Verlag, Berlin, 1998), 23-66; also available at arXiv:gr-qc/9706069.