

## Квантовые вычисления суперкубитами.

Проанализируем некоторые аспекты квантовых вычислений с суперкубитами. Предложен аналог формализма суперполей и даны физические интерпретации для грасмановых коэффициентов разложения суперкубита по фермионным операторам рождения вспомогательной квантовой системы. В простейшем случае суперкубит представляет собой суперпозицию одного тензорного произведения двух бозе состояний и одного тензорного произведения двух ферми состояний, а его норма инвариантна относительно группы  $U(2)$  Клиффорд –значных матриц. Этот случай может быть обобщен на суперпозицию  $n_B$  бозонных и  $n_F$  фермионных состояний, с нормой, инвариантной относительно  $U(n_B + n_F)$ . Обсуждаются запутанность суперкубитов и телепортация супер квантовых вентилях. В недавних работах [ 1, 2, 3] была дана мера трехстороннего запутывания кубитов с точки зрения гипердетерминанта Кэли [4] ,обобщения обычного определителя квадратной матрицы в случае кубических матриц. Суперсимметричное обобщение гипердетерминанта для кубических суперматриц было найдено в [5] и вдохновило построение супер кубитов [6]. Здесь представлена несколько иная формулировка суперкубитов, для краткости именуемых squbits. Эта формулировка допускает физическую интерпретацию коэффициентов разложения по базису супер Гильбертова пространства. Для того чтобы построить суперпозицию бозонных и фермионных состояний нужно обойти правила суперотбора путем введения второй (вспомогательной) квантовой системы, содержащий бозоны и фермионы. Затем рассмотрим бозонное подпространство в тензорном произведении двух супер Гильбертовых пространств, так что у суперкубитов бозонная статистика. Коэффициенты Грассмана [6] становятся здесь фермионными операторами рождения вспомогательной системы. План выглядит следующим образом. Вводятся суперкубиты как разложение по суперполям, и указываются трудности физической интерпретации и реализации. Затем, вводится вспомогательная Бозе - Ферми квантовая система, и определяются Клиффордовские суперкубиты. Далее рассматривается тензорное произведение этих суперкубитов [10]. Смешанные состояния и их тензорные произведения являются предметом изучения при анализе свойств соответствующей матрицы плотности  $\rho$ . Для обычных кубитов условие чистоты формулируется как  $\rho^2 = \rho$ . Запутывание суперкубитов систематически обрабатывают в [10]. Там же вводятся унитарные 1- суперкубитные и 2- суперкубитные супервентили, в том числе суперсимметричные вентили, которые обменивают бозонное и фермионное

состояния. Уже обсуждают супертелепортацию, замечая, что необходима некоторая осторожность при использовании корреляций во вспомогательной квантовой системе между суперкубитами, которые разделены в пространстве. Как и в работе [6], рассмотрим суперпозицию бозонных и фермионных состояний с коэффициентами грассмановыми, а не комплексными числами. Можно с самого начала выбрать ортонормированный базис супергильбертова пространства и подготовить почву для суперсимметрии, чтобы содержалось равное количество бозонных и фермионных состояний. В самом деле, использование разложения по антикоммутирующим грассмановым координатам, приводит к разложению суперкубитов по суперполям. Отметим, что наименование суперкубит не совсем оправданно, поскольку кэт вектор не сводится к обычному кубиту, когда все  $\theta_i$  координаты Грассмана равны нулю. Далее будем рассматривать более общие суперкубиты, чтобы действительно уменьшить привязку к обычным кубитам или кудитам (qudits) (состояниям D-уровня квантовой системы). Все это будет называться кубит, даже если их бозонная часть кудит. Предоставлена физическая интерпретация суперкубитов, в более общем смысле суперкудитов, путем введения вспомогательной квантовомеханической системы в сочетании с оригинальными бозе- и ферми системами [10]. Класс суперкубитов расширили по сравнению с рассмотренным в [6] и обеспечили их грассмановыми коэффициентами динамических переменных Клиффорда, которые являются операторами рождения фермионов вспомогательной квантовой системы. В результате, как и в [6], суперкубит описывается бозонной статистикой, а квантовые супервентили теперь унитарные матрицы с элементами Клиффорда, а не супергруппы матриц. Было бы целесообразно исследовать их LOCC и SLOCC [11] и классы запутанности (суперкубиты Грассмана см. в [6, 9]). Суперсимметрии могут быть реализованы, оператор суперсимметрии является одним из супервентилей. Если окружающая среда будет действовать на суперсимметричные суперкубиты только через суперсимметричные квантовые вентили (и это большое если), то суперсимметрии могут обеспечить защиту от декогеренции.

#### Литература

- [1] V. Coffman, J. Kundu and W. K. Wootters, *Distributed Entanglement*, Phys. Rev. A 61, 052306 (2000) [arXiv:quant-ph/9907047].
- [2] A. Miyake and M. Wadati, *Multipartite entanglement and hyperdeterminants*, Quant. Info. Comp. 2 (Special) (2002) 540–555, arXiv:quant-ph/0212146.
- [3] A. Miyake, *Classification of multipartite entangled states by multi-dimensional determinants*, Phys. Rev. A67 (2003) no. 1, 012108,

arXiv:quant-ph/0206111.

[4] A. Cayley, *On the theory of linear transformations*, Camb. Math. J., 4 193-209 (1845).

[5] L. Castellani, P. A. Grassi and L. Sommovigo, *Triality Invariance in the N=2 Superstring*, Phys. Lett. B 678, 308 (2009) [arXiv:0904.2512 [hep-th]].

[6] L. Borsten, D. Dahanayake, M. J. Duff and W. Rubens, *Superqubits*, [arXiv:0908.0706 [quant-ph]].

[7] O. Rudolph, *Super Hilbert Spaces*, Commun. Math. Phys. 214, 449 (2000)

[8] R. Haag, *Local quantum physics: Fields, particles, algebras*, Berlin, Germany: Springer (1992) 356 p. (*Texts and monographs in physics*)

[9] L. Borsten, D. Dahanayake, M. J. Duff, H. Ebrahim and W. Rubens, *Black Holes, Qubits and Octonions*, Phys. Rept. 471, 113 (2009) [arXiv:0809.4685 [hep-th]].

[10] L. Castellani, P. Antonio Grassi, and L. Sommovigo. *Quantum Computing with Superqubits*. [arXiv:1001.3753[hep-th]].

[11] Y.-C. Liang, L. Masanes, and A. C. Doherty. *SLOCC Convertibility between Two-Qubit States*. [arXiv:0710.5350[hep-th]].