

# Квантовая запутанность и основания статистической механики.

О.В. Лычковский, ИТЭФ.

Рассмотрим замкнутую квантовую систему  $\mathcal{S} \otimes \mathcal{B}$ , поделенную на две подсистемы,  $\mathcal{S}$  и  $\mathcal{B}$ . Меньшую подсистему,  $\mathcal{S}$ , для краткости назовем просто системой, а большую,  $\mathcal{B}$ , – резервуаром. Замкнутая система описывается вектором состояния, эволюционирующим во времени,  $\Psi(t) = \exp(-iHt)\Psi(0) \in \mathcal{S} \otimes \mathcal{B}$ . Система  $\mathcal{S}$  описывается матрицей плотности  $\rho^{\mathcal{S}}(t) \equiv \text{tr}_{\mathcal{B}}|\Psi(t)\rangle\langle\Psi(t)|$ . Пусть начальное состояние факторизовано:  $\Psi(0) = \psi\Phi$ ,  $\psi \in \mathcal{S}$ ,  $\Phi \in \mathcal{B}$ . Зададимся вопросом о свойствах усредненной по времени матрицы плотности  $\overline{\rho^{\mathcal{S}}} \equiv \lim_{t \rightarrow \infty} t^{-1} \int_0^t \rho^{\mathcal{S}}(t') dt'$ . Следующие утверждения составляют фундамент равновесной статистической физики.

1. При любых начальных условиях состояние системы  $\rho^{\mathcal{S}}(t)$  с течением времени приближается к равновесному состоянию  $\overline{\rho^{\mathcal{S}}}$  и большую часть времени остается близким к этому равновесному состоянию.
2. Равновесное состояние системы  $\overline{\rho^{\mathcal{S}}}$  слабо зависит от *микроскопических* характеристик начального состояния резервуара  $\Phi$ . Оно может (и должно) зависеть от *макроскопических* характеристик резервуара, которые представляют из себя функционалы на  $\mathcal{B}$ . Очевидный пример такого функционала – обратная температура  $\beta = \beta[\Phi]$ .
3. Равновесное состояние системы  $\overline{\rho^{\mathcal{S}}}$  слабо зависит от начального состояния системы,  $\psi$ .
4. Если взаимодействие между системой и резервуаром относительно слабó, и начальное состояние имеет небольшую дисперсию энергии, то равновесное состояние системы описывается распределением Гиббса:  $\overline{\rho^{\mathcal{S}}} = Z^{-1} \exp(-\beta H^{\mathcal{S}})$ .

В последние два десятилетия был доказан ряд теорем, подтверждающих эти утверждения при определенных условиях. Ключевым таким условием является высокая степень *квантовой запутанности* между системой и резервуаром, генерируемой взаимодействием. В докладе представлен обзор этих результатов.

## Список литературы

- [1] S. Popescu, A.J. Short and A. Winter, “Entanglement and the foundations of statistical mechanics”, Nature Phys. **2**, 754 (2006); extended version: quant-ph/0511225.
- [2] N. Linden, S. Popescu, A. J. Short and A. Winter, “Quantum mechanical evolution towards thermal equilibrium”, Phys. Rev. E **79**, 061103 (2009).
- [3] N. Linden, S. Popescu, A. J. Short and A. Winter, “On the speed of fluctuations around thermodynamic equilibrium”, arXiv:0907.1267.

- [4] M. Rigol, V. Dunjko and M. Olshanii, “Thermalization and its mechanism for generic isolated quantum systems”, *Nature* **452**, 854 (2008); arXiv:0708.1324.
- [5] Oleg Lychkovskiy, A necessary condition for the thermalization of a quantum system coupled to a quantum bath, arXiv:0903.2309