

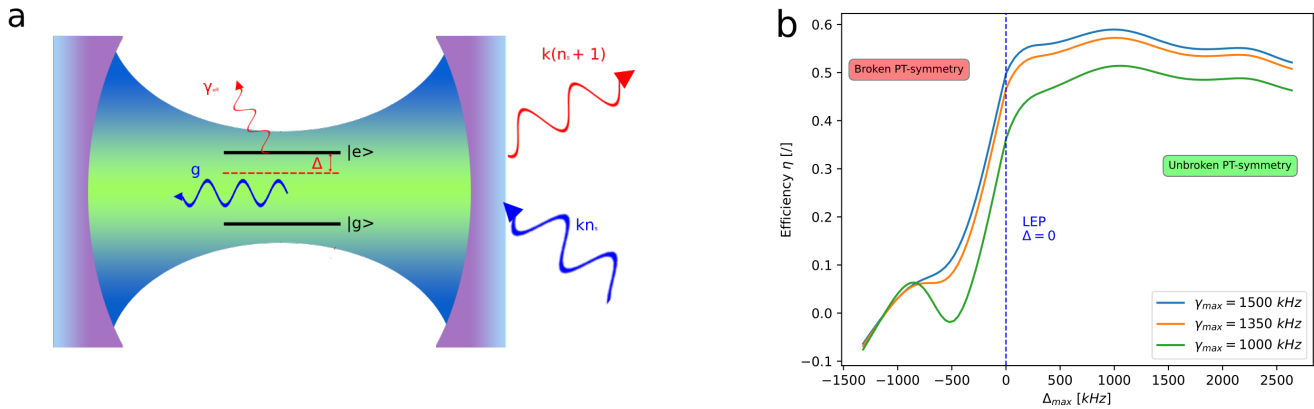
"Prawdziwy" Kwantowy Silnik Ciepły o Wyjątkowej Sprawności

I. Davydenko¹, G. Chimczak^{1, †}

¹ Wydział Fizyki i Astronomii, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Uniwersytetu Poznańskiego 2, 61-614 Poznań

†email: grzegorz.chimczak@amu.edu.pl

Kwantowe silniki ciepłe (QHE), będące odpowiednikami klasycznych maszyn ciepłych, działają na układach wykazujących efekty kwantowe. W ciągu ostatniej dekady przyciągnęły one znaczną uwagę ze względu na swoje zastosowanie w miniaturowych i niskomocowych systemach, testowaniu kwantowych ograniczeń termodynamicznych oraz ich rolę w procesach biomolekularnych[1, 2]. QHE zostały zaimplementowane w formie mikroskopowych układów elektromechanicznych[3], a także jako pojedyncze jony[4], kropki kwantowe[1] czy ultrazimne atomy bozonowe[5].



Rysunek 1: (a) Model kwantowego silnika ciepłego. Dwupoziomowy atom w optycznej wnęce, która jest w kontakcie ze zbiornikiem ciepła (rezewuarem). g – stała sprzężenia atom-wnęka, γ_{eff} – efektywne tłumienie, Δ – odstrojenie od rezonansu między częstotliwością atomu a częstotliwością wnęki, n_s – średnia liczba fotonów termicznych w rezerwuarze. (b) Sprawność kwantowego silnika ciepłego jako funkcja Δ_{max} dla różnych wartości γ_{max} .

W ostatnich latach badany był wpływ wyjątkowych punktów Liouvillianu (LEP) na wydajność QHE. Wykazano, że okrążenie LEP może poprawić wydajność oraz sprawność QHE w formie jonu $^{40}\text{Ca}^+$ [4]. Jednak taki silnik jest napędzany polem laserowym opisanym przez stan koherentny. W związku z tym nie powinien być traktowany jako kwantowy analog klasycznej maszyny ciepłej, która wykorzystuje chaotyczną kąpiel cieplną jako źródło energii. W naszej prezentacji przedstawiamy implementację QHE napędzanego przez stany termiczne. Nasz model, przedstawiony na Rys. 1(a), składa się z dwupoziomowego atomu sprzężonego z wnęką optyczną. Straty wnęki są opisane przez κ . Termiczne fotony są dostarczane do silnika z rezerwuaru znajdującego się w stanie termicznym. Kwantowy cykl Otto był zaimplementowany za pomocą zmieniającego się w czasie odstrojenia od rezonansu Δ lub efektywnego tłumienia γ_{eff} , podczas gdy drugi z parametrów pozostaje stały. Jak pokazano na Rys. 1(b), obserwowany jest znaczący wzrost sprawności silnika, jeżeli cykl otacza kilka LEP co zbadano dla różnych γ_{max} . Podsumowując, pokazano możliwość wykorzystania efektów w pobliżu punktów EP do ulepszenia wydajności kwantowego silnika ciepłego zasilanego przez stany termiczne!

Podziękowania i źródła finansowania

Praca ta była dofinansowana w ramach grantu Narodowego Centrum Nauki (NCN) Maestro nr DEC-2019/34/A/ST2/00081. I.D. dziękuje za wsparcie w ramach projektu Inicjatywa Doskonałości – Uczelnia Badawcza nr 119/39/UAM/0009.

Literatura

- [1] Josefsson, M., Svilans, A., Burke, A.M. et al. Nature Nanotech 13, 920–924 (2018).
- [2] Keye Zhang, Francesco Bariani, and Pierre Meystre, Phys. Rev. Lett. 112, 150602 (2014).
- [3] Steeneken, P., Le Phan, K., Goossens, M. et al. Nature Phys 7, 354–359 (2011).
- [4] J.-T. Bu, J.-Q. Zhang, G.-Y. Ding, J.-C. Li, J.-W. Zhang, B. Wang, W.-Q. Ding, W.-F. Yuan, L. Chen et al. Phys. Rev. Lett. 130, 110402 (2023).
- [5] O. Fialko and D. W. Hallwood, Phys. Rev. Lett. 108, 085303 (2012)