

# A NEW MECHANISM FOR SYMPATHETIC COOLING OF ATOMS AND IONS IN ATOMIC AND ION-ATOMIC TRAPS

*V. S. Melezhik* \*

Joint Institute for Nuclear Research, Dubna  
Dubna State University, Dubna, Russia

Sympathetic cooling of a Fermi gas with a buffer gas of bosonic atoms is an efficient way to achieve quantum degeneracy in Fermi systems. However, all attempts to use this method for cooling ions until recently were ineffective because of the unremovable ion “micromotion” in electromagnetic Paul traps, which prevents the realization of a number of hot projects with cold atom–ion systems. In this regard, we propose a new efficient method for sympathetic cooling of ions: the use for this purpose of cold buffer atoms in the region of atom–ion confinement-induced resonances (CIRs) (*Melezhik V. S. // Phys. Rev. A. 2021. V. 103. P. 53109*). We show that the destructive effect of “micromotion” on its sympathetic cooling can, however, be suppressed in the vicinity of the atom–ion CIR. Here, the resonant blocking of a close collision of an atom with an ion also resists its heating due to “micromotion”. We investigate the effect of sympathetic cooling around CIRs in atom–ion and atom–atom confined collisions within the quantum-quasiclassical approach using the Li–Yb<sup>+</sup> and Li–Yb confined systems as an example. In this approach, the Schrödinger equation for a cold light atom is integrated simultaneously with the classical Hamilton equations for a hotter heavy ion or atom during a collision. We have found the region near the atom–ion CIR where the sympathetic cooling of the ion by cold atoms is possible in a hybrid atom–ion trap. We also show that it is possible to improve the efficiency of sympathetic cooling in atomic traps by using atomic CIRs.

Симпатическое охлаждение ферми-газа буферным газом бозонных атомов является эффективным способом достижения квантового вырождения в ферми-системах. Однако все попытки использовать этот метод для охлаждения ионов были до недавнего времени безуспешны вследствие неустраняемого «микродвижения» иона в электромагнитных ловушках Пауля, что препятствует реализации ряда интересных проектов с холодными атомно-ионными системами. В связи с этим предложен новый эффективный метод симпатического охлаждения ионов: использовать с этой целью холодные буферные атомы в области атомно-ионных индуцированных конфайнментом резонансов (CIR) (*Melezhik V. S. // Phys. Rev. A. 2021. V. 103. P. 53109*). Показано, что деструктивное влияние «микродвижения» иона на его симпатическое охлаждение может, однако, быть подавлено в области атомно-ионного CIR. Здесь резонансная блокировка полного сближе-

---

\* E-mail: [melezhik@theor.jinr.ru](mailto:melezhik@theor.jinr.ru)

ния атома с ионом при их столкновении также препятствует его нагреву за счет «микродвижения». Исследован эффект симпатического охлаждения вблизи CIR в атомно-ионных и атом-атомных ограниченных ловушках столкновениях с помощью квантово-квазиклассического подхода с использованием в качестве примера плененных в ловушках систем  $\text{Li-Yb}^+$  и  $\text{Li-Yb}$ . В этом подходе уравнение Шрёдингера для холодного легкого атома интегрируется одновременно с классическими уравнениями Гамильтона для нагретого тяжелого иона или атома в процессе столкновения. Рассчитана область вблизи атомно-ионного CIR, где симпатическое охлаждение иона холодными атомами возможно в гибридных атомно-ионных ловушках. Также продемонстрирована возможность улучшения эффективности симпатического охлаждения в атомных ловушках с использованием атомных CIR.

PACS: 32.60.+i; 33.55.Be; 32.10.Dk; 33.80.Ps