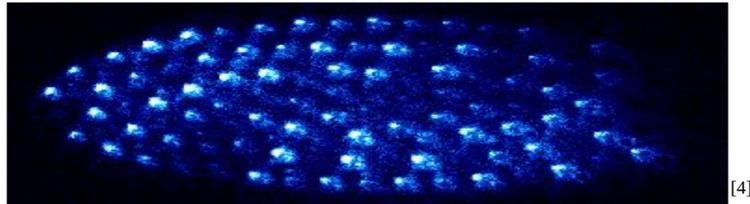


Master project

Theory of 2D nanofriction in ion Coulomb crystals (ITP, AG Santos)



Trapped ions have recently attracted a major attention as a versatile playground for the study of miniature solids. The creation of ion crystals and their imaging down to single-particle resolution allows for the study of structural phase transitions and crystal dynamics. In particular, ion crystals provide a suitable platform for the investigation of friction at an atomic scale (nanofriction)^[1,2].

Nanofriction studies have been up to now limited to quasi-1D ion crystals. However, recent experiments have realized 3D onion-like crystals formed by several ion shells, where one shell may slide on top of others, while experiencing the friction resulting from inter-layer Coulomb repulsion. The system hence opens intriguing perspectives for the emulation of 2D nanofriction.

This theoretical Master project will analyse, in close collaboration with the experimental groups of Prof. Tanja Mehlstäubler at PTB Braunschweig and Prof. Dr. Jose Crespo, Max-Planck Institute for Nuclear Physics in Heidelberg, the intriguing physics of 2D nanofriction in ion crystals. Moreover, very recent experiments have observed the thermal melting of ion shells^[3]. The project will hence analyse ion crystals at finite temperatures, focusing on the interplay between inter-layer friction and thermal motion, and on the determination of the melting temperature, crucial for on-going experiments. The planned work on numerical simulations builds on an existing code.

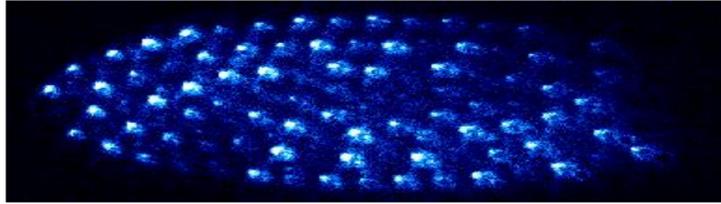
[1] J. Kiethe, R. Nigmatullin, D. Kalincev, T. Schmirander, and T. E. Mehlstäubler, *Nat. Commun.* **8**, 15364 (2017).

[2] A. Bylinskii, D. Gangloff, I. Counts, and V. Vuletic, *Nat. Mater.* **15**, 717 (2016).

[3] L. Duca, N. Mizukami, E. Perego, M. Inguscio, and C. Sias, arXiv:2209.00395 (2022)

Masterprojekt

Theorie der 2D-Nanoreibung in Ionenkristallen (ITP, AG Santos)



[4]

Eingefangene Ionen haben in der Vergangenheit als vielseitige Spielwiese für die Untersuchung von Miniaturfestkörpern große Aufmerksamkeit erregt. Die Herstellung von Ionenkristallen und ihre Beobachtung mit einer Auflösung von einzelnen Teilchen ermöglicht die detaillierte Untersuchung von strukturellen Phasenübergängen und Kristalldynamik. Insbesondere bieten Ionenkristalle eine geeignete Plattform für die Untersuchung der Reibung auf atomarer Ebene (Nanoreibung) ^[1,2].

Allerdings sind bisherige Studien zur Nanoreibung auf Quasi-1D-Ionenkristalle beschränkt. In neueren Experimenten wurden jedoch zwiebelartige 3D-Kristalle realisiert, die aus mehreren Ionenschalen bestehen, wobei eine Schale auf der anderen gleiten kann und dabei die Reibung erfährt, die durch die Coulomb-Abstoßung zwischen den Schichten entsteht. Das System eröffnet daher faszinierende Perspektiven für die Simulation von 2D-Nanoreibung.

Dieses theoretische Masterprojekt wird in enger Zusammenarbeit mit den experimentellen Gruppen von Prof. Tanja Mehlstäubler an der PTB Braunschweig und von Prof. Dr. Jose Crespo, Max-Planck Institute für Kernphysik in Heidelberg, die Physik der 2D-Nanoreibung in Ionenkristallen analysieren. Außerdem wurde in jüngsten Experimenten das thermische Schmelzen von Ionenschalen beobachtet ^[3]. Im Rahmen des Projekts soll daher auch das Zwischenspiel zwischen der Reibung zwischen den Schalen und der thermischen Bewegung in Kristallen mit endlicher Temperatur untersucht werden und die daraus resultierende Schmelztemperatur untersucht werden, was entscheidend für laufende Experimente ist. Die geplanten Arbeiten an numerischen Simulationen bauen auf einem bereits existierenden Code auf.

[1] J. Kiethe, R. Nigmatullin, D. Kalincev, T. Schmirander, and T. E. Mehlstäubler, *Nat. Commun.* **8**, 15364 (2017).

[2] A. Bylinskii, D. Gangloff, I. Counts, and V. Vuletic, *Nat. Mater.* **15**, 717 (2016).

[3] L. Duca, N. Mizukami, E. Perego, M. Inguscio, and C. Sias, arXiv:2209.00395 (2022)