

Акустические силы при рассеянии над упругой подложкой
Клещенко В.Д. (ИТМО), Альбицкая Х.Н. (МФТИ)
Научный руководитель – кандидат физико-математических наук, ведущий
научный сотрудник Петров М.И. (ИТМО)

Введение. Акустические силы широко применяются для удержания макро- и микрочастиц, особенно в биологии и биофизике [1]. Эти силы возникают за счет передачи импульса между звуковым полем и механическими объектами в процессе рассеяния. Ранее акустомеханические эффекты изучались в приближении неограниченного пространства, однако практический интерес представляет случай рассеяния вблизи пространственных границ [2], например в таких приложениях как лаборатория на чипе (lab-on-a-chip). Так, акустомеханическое управление частицами вблизи поверхности раздела жидкости и твердого тела стало активно развивающимся направлением благодаря наличию поверхностных волн Рэлея (Leaky Rayleigh wave), позволяющих улавливать и сортировать частицы [3]. Более того, при многократном рассеянии на некотором наборе объектов могут наблюдаться эффекты акустического связывания [4], при которых частицы формируют устойчивые пространственные конфигурации благодаря взаимодействию перерассеянных полей.

Основная часть. В данной работе мы исследуем акустические силы, действующие на частицы вследствие рассеяния звука на границе с упругой подложкой, используя формализм функций Грина [5]. В работе выводятся аналитические выражения для поправки к монополярной поляризуемости частиц, благодаря чему получается учесть эффекты многократного отражения от упругой подложки, а также от соседних частиц.

На основе полученных выражений мы демонстрируем значительное влияние возбуждаемой на границе раздела твердого тела и жидкости волны Рэлея на акустическую силу, действующую на монополярный рассеиватель.

Помимо этого, рассматривается задача рассеяния плоской акустической волны на паре частиц. Благодаря эффектам многократного рассеяния между частицами, в том числе, через отраженные от подложки волны, наблюдается эффект акустического связывания над подложкой. В данной работе на основе анализа акустических сил определяются устойчивые конфигурации рассеивателей.

Полученные результаты [6] способствуют развитию методов акустической манипуляции посредством возбуждения поверхностных волн и демонстрируют влияние упругих сред на акустомеханическое управление микрообъектами.

Выводы. Получены выражения для акустических сил над упругой подложкой и продемонстрированы устойчивые конфигурации частиц, а также влияние поверхностных волн Рэлея.

Список использованных источников:

1. Dholakia K., Drinkwater B. W., Ritsch-Marte M. Comparing acoustic and optical forces for biomedical research // *Nature Reviews Physics*. – 2020. – V. 2. – №. 9. – P. 480-491.
2. Simon B. E., Hamilton M. F. Analytical solution for acoustic radiation force on a sphere near a planar boundary // *The Journal of the Acoustical Society of America*. – 2023. – V. 153. – №. 1. – P. 627-642.
3. Collins D. J. et al. Two-dimensional single-cell patterning with one cell per well driven by surface acoustic waves // *Nature communications*. – 2015. – V. 6. – №. 1. – P. 8686.
4. Clair N. S. et al. Dynamics of acoustically bound particles // *Physical Review Research*. – 2023. – V. 5. – №. 1. – P. 013051.
5. Toftul I. D. et al. Acoustic radiation force and torque on small particles as measures of the canonical momentum and spin densities // *Physical review letters*. – 2019. – V. 123. – №. 18. – P. 183901.

6. Kleshchenko V., Albitskaya K., Petrov M. Acoustic forces near elastic substrate // Applied Physics Letters. – 2024. – V. 125. – №. 21.