

УДК 535.214

## НОВЫЙ ГРАВИМЕТР НА ОСНОВЕ 3D ДИНАМИКИ МИКРОГАНТЕЛИ В ПОЛЕ ГАУССОВСКОГО ПУЧКА

Лещёв А.С. (ИТМО)

Научный руководитель – доктор физико - математических наук, профессор  
Рождественский Ю.В. (ИТМО)

**Введение.** Измерение флуктуаций ускорения свободного падения ( $g$ ) является практически важной и актуальной задачей в области поиска полезных ископаемых, обнаружения геологических пустот при строительстве различных сооружений, а также при исследовании строения мантии и свойств земного ядра. Абсолютная чувствительность существующих устройств позволяет определить значение ускорения свободного падения  $g$  с точностью до седьмого знака после запятой [1]. Конструктивно все гравиметры являются осцилляторами различных видов, частота которых зависит от ускорения  $g$ , как это имеет место для простейшего случая математического маятника. При этом, механические осцилляторы должны обладать высокой степенью автономности для получения высокой точности измерения частоты. Например, наличие различных механических связей (стержней пружин и т.д.) ведет к потере точности измерения  $g$  вследствие различных дополнительных воздействий, также как и присутствие среды (атмосферы). Тогда, наиболее перспективной, с этой точки зрения, представляется частица в сотни нанометров, осциллирующая в поле оптического потенциала в условиях глубокого вакуума. Такая оптомеханическая система позволяет на порядок увеличить чувствительность измерения ускорения свободного падения [2]. Однако, дальнейшее повышение точности сопряжено с трудностями при определении всех трех частот (по разным осям координат) наночастицы. Решение проблемы может быть найдено при рассмотрении левитации микрогантели [3], состоящей из двух сфер соединенных стержнем, в поле гауссовского лазерного луча. В этом случае вращательная динамика микрогантели фиксируется оптической камерой, а по частотному спектру определяются частоты вращения микрогантели в поле оптического излучения. В этом случае, как показывают вычисления, точность измерения ускорения свободного падения может быть повышена и достигнута тринадцать знаков после запятой.

**Основная часть.** На основе общих уравнений движения твердого тела были получены уравнения 3D динамики микрогантели в поле оптического излучения с гауссовским распределением интенсивности. Для описания взаимодействия с оптическим полем использовалось приближение волновой оптики, что позволило использовать выражения для сил светового давления полученные в [4]. При этом, полное описание динамики микрогантели, в общем случае, включает в себя три координаты центра масс системы и три частоты осцилляций по соответствующим осям. В результате численного решения уравнений движения микрогантели были найдены параметры системы (интенсивность и степень расходимости лазерного излучения, размер микрогантели и показатель преломления), которые обеспечивали наибольшую абсолютную чувствительность к изменению силы тяжести.

**Выводы.** Проведен анализ использования оптомеханической системы, состоящей из микрогантели в поле гауссова лазерного луча, в качестве высокочувствительного гравиметра с абсолютной точностью измерения ускорения свободного падения  $10^{-13}$ .

### Список использованных источников:

1. Rademacher M., Millen J., Li Y. L. Quantum sensing with nanoparticles for gravimetry: when bigger is better //Advanced Optical Technologies. – 2020. – Т. 9. – №. 5. – С. 227-239.
2. Monteiro F. et al. Optical levitation of 10-ng spheres with nano-g acceleration sensitivity

//Physical Review A. – 2017. – Т. 96. – №. 6. – С. 063841.

3. Lamperska W. et al. Micro-dumbbells—A versatile tool for optical tweezers //Micromachines. – 2018. – Т. 9. – №. 6. – С. 277.

4. Ashkin A. Forces of a single-beam gradient laser trap on a dielectric sphere in the ray optics regime //Biophysical journal. – 1992. – Т. 61. – №. 2. – С. 569-582.

Автор \_\_\_\_\_ Лещев А.С.

Научный руководитель \_\_\_\_\_ Рождественский Ю.В.