

УДК 534.8

**ИССЛЕДОВАНИЕ СВЕТОРАССЕЯНИЯ ФАЗОВЫХ ОБЪЕКТОВ,  
НАХОДЯЩИХСЯ В АКУСТИЧЕСКОМ ПОЛЕ**

Р. А. ЧЕСЛАВСКИЙ, А. И. ЧИЖ

Научный руководитель П. Я. ЧУДАКОВСКИЙ, канд. физ.-мат. наук

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

В работе представлена и апробирована экспериментальная установка, предназначенная для регистрации рассеянного лазерного излучения на колеблющихся миниатюрных объектах из различных материальных сред. В результате работы установки регистрируется модулированное лазерное излучение, рассеянное на объектах, испытывающих колебательное и вращательное движения в условиях ультразвуковой левитации. Кроме того, фазовый объект, например, капля жидкости, может изменять свою форму, что также приводит к рассеянию оптического излучения. Анализ экспериментальных данных, полученных с помощью установки, позволяет судить о частоте и скорости колебательных процессов. Так, зная частоту колебаний формы капли, можно оценить вязкоупругие характеристики жидкости, что имеет значение в приложениях биофизики, медицины при диагностике состояний крови и др. [1, 2].

На рис. 1 представлена экспериментальная схема установки.

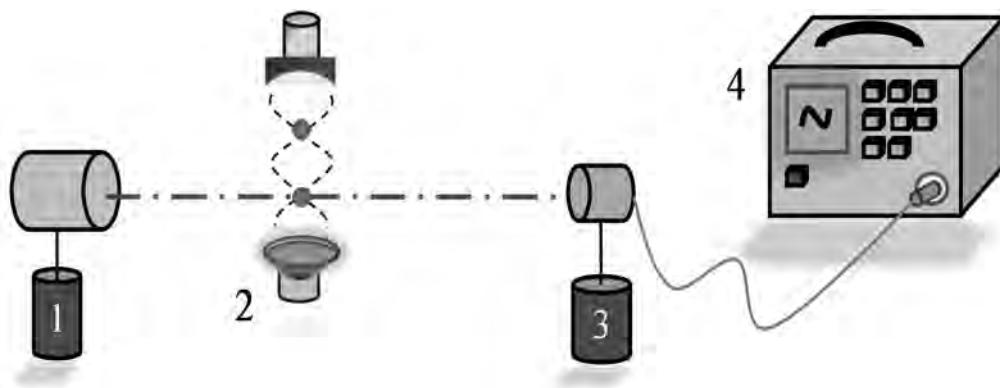


Рис. 1. Принципиальная схема регистрации рассеянного лазерного излучения

Согласно рис. 1 миниатюрные объекты 2 находятся в состоянии ультразвуковой левитации, реализованной посредством стоячей волны. Для создания стоячей ультразвуковой волны использовались магнитострикционный излучатель с резонансной частотой 58,6 кГц и отражатель с вогнутой поверхностью. Излучение Не-Не лазера 1 с длиной волны 632,8 нм направляется на левитирующий объект и испытывает на нем рассеяние. Рассеянное излучение регистрируется с помощью фотоприемника 3, сопряженного с цифровым осциллографом 4. Для питания магнитострикционного излучателя использовался

генератор сигналов специальной формы (АКИП-3408/1), для усиления интенсивности ультразвукового излучателя – драйвер на транзисторе IRL 3103, для визуализации динамики фазовых объектов в акустическом поле – цифровая камера.

На рис. 2 представлены фрагменты осцилограмм рассеянного лазерного излучения на объектах из различных материалов: кисломолочный продукт (ряженка) (рис. 2, *a–в*) и растительное масло (см. рис. 2, *г–е*). Полагаем, что данный вид осцилограмм обусловлен колебаниями площади поверхности объекта.

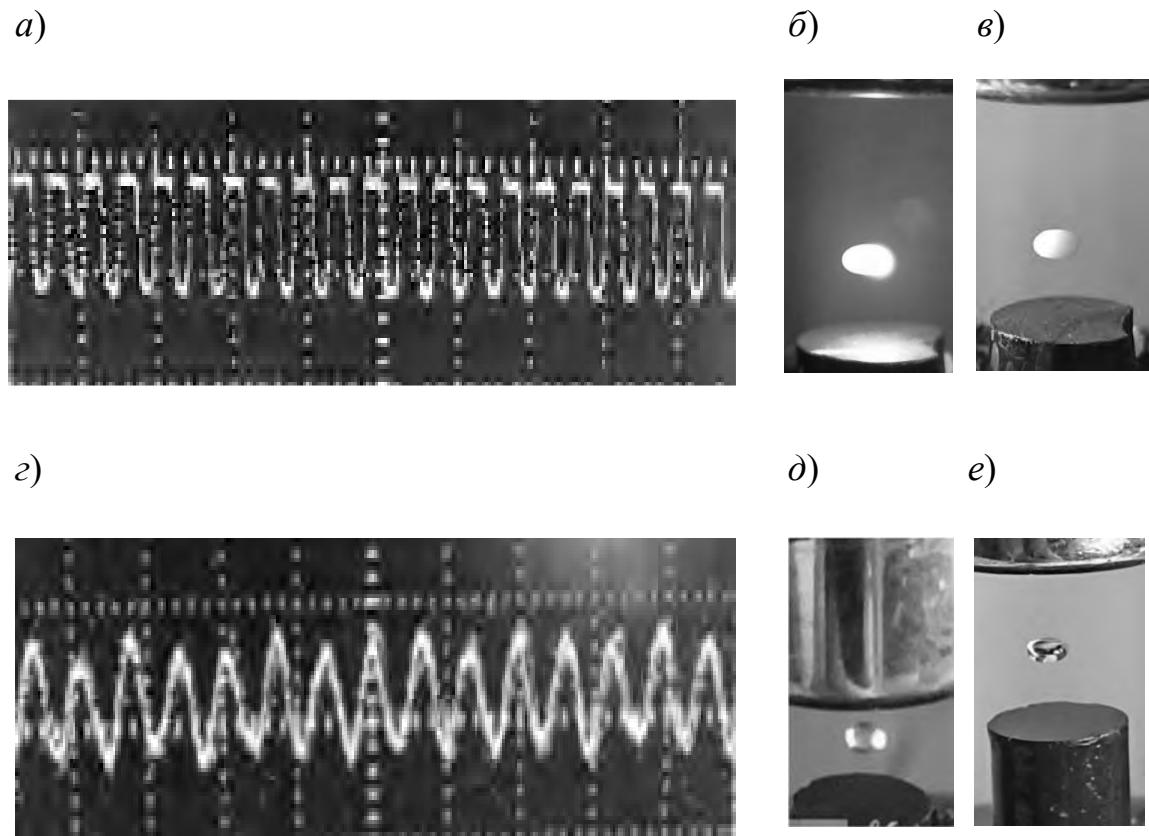


Рис. 2. Фрагменты осцилограмм рассеянного оптического излучения на объектах из различных материальных сред: кисломолочный продукт (ряженка) (*а–в*); растительное масло (*г–е*)

Из рис. 2, *б, в, д, е* можно заметить, что форма капель имела вид эллипсоида, что характерно для капель больших размеров. Кроме того, из рис. 2, *а, г* видно, что представленные осцилограммы характеризуются устойчивыми колебаниями зарегистрированного сигнала, к тому же вид их изменяется в зависимости от материальной среды левитирующих объектов.

На рис. 3 представлены результаты эксперимента по рассеянию светового излучения на твердом непрозрачном объекте, имеющем поверхность, близкую к сферической. В качестве исследуемого объекта выступало зернышко пшена (см. рис 3, *б*). В условиях акустической левитации объект совершил поступательно-колебательное движение вблизи положения равновесия и, как результат, – осцилограмма на рис. 3, *а* имела ярко выраженные колебания по амплитуде.

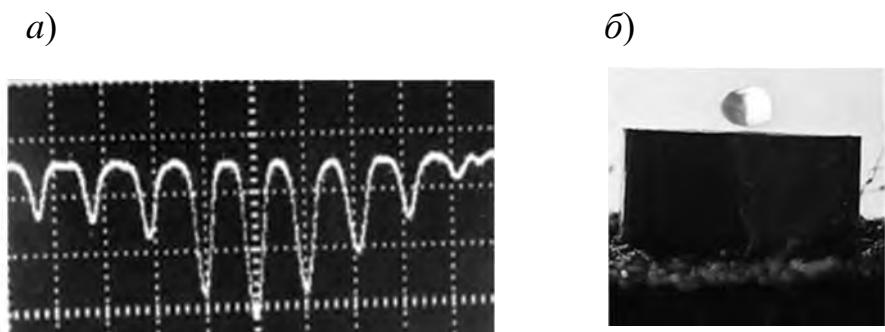


Рис. 3. Фрагмент осциллограммы рассеянного оптического излучения на твердом непрозрачном объекте (а) и исследуемый объект, находящийся в условиях акустической левитации, испытывающий поступательно-колебательное движение вблизи положения равновесия (б)

Также исследовался случай рассеяния света на объектах, испытывающих быстрое вращение в акустическом поле. Результаты эксперимента представлены на рис. 4.

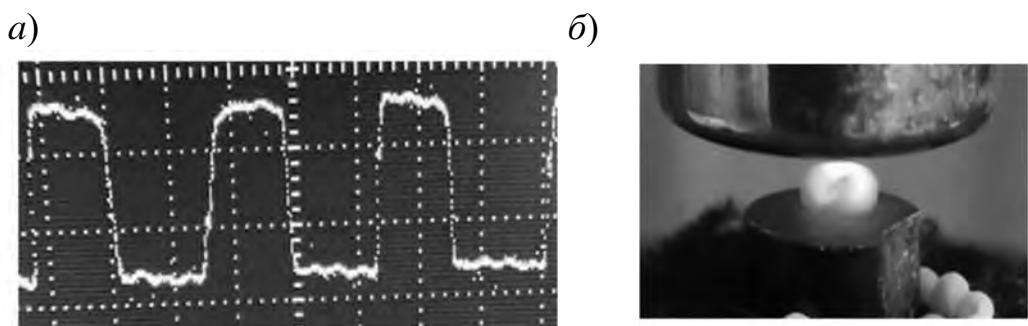


Рис. 4. Фрагмент осциллограммы рассеянного оптического излучения на двух твердых непрозрачных объектах, испытывающих вращательное движение (а) и быстрое вращение двух тел (б)

Колебания сигнала, наблюдаемого на рис. 4, а, связываем с равномерным вращательным движением объектов в ультразвуковом поле.

Таким образом, полученные результаты могут представлять интерес для прикладных задач биофизики при исследовании миниатюрных биологических объектов.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Acoustic Levitation: A Novel Approach to Study the Physical Properties of Blood in Normal Subjects and in Patients with Sickle Cell Disease / V. Hosseinzadeh [et al.] // *Blood*. – 2017. – Vol. 130, № (Suppl.1). – P. 4776.
2. Mechanics of biconcave red blood cells deformed by acoustic tweezers / Y. Liu [et al.] // *Mechanics of Materials*. – 2023. – Vol. 178. – P. 104565.