

Московский физико-технический университет
Факультет радиотехники и кибернетики

Лабораторная работа № 4.3.2(б)

(Общая физика: оптика)

Дифракция света на ультразвуковой волне в жидкости

Работу выполнил:
Милославов Глеб, группа Б01-103

г. Долгопрудный
2023 год

1 Аннотация

В данной работе проводится изучение дифракции света на синусоидальной акустической решётке, а также наблюдение фазовой решётки методом тёмного поля.

2 Теоретические сведения

Пусть фаза световых колебаний на передней поверхности жидкости равна нулю. Тогда на задней поверхности (т.е. в плоскости $z = 0$) она равна

$$\varphi = knL = \varphi_0(1 + m \cos \Omega x),$$

где L – толщина слоя жидкости в кювете, $k = 2\pi/\lambda$ – волновое число для света, λ – длина световой волны, $\varphi_0 = kn_0L$. Таким образом, в плоскости $z = 0$ фаза световых колебаний является периодической функцией координаты x , иными словами – УЗ-волна в жидкости создаёт фазовую дифракционную решётку.

Её функция пропускания:

$$t(x) = e^{im \cos \Omega x} \stackrel{m \ll 1}{\approx} 1 + \frac{im}{2} e^{i\Omega x} + \frac{im}{2} e^{-i\Omega x}. \quad (1)$$

При освещении этой решётки плоской нормально падающей волной амплитуды a имеем за решёткой (при $z > 0$):

$$f(x, z) = ae^{ikz} + \frac{iam}{2} e^{i(\Omega x + \sqrt{k^2 - \Omega^2} z)} + \frac{iam}{2} e^{i(-\Omega x + \sqrt{k^2 - \Omega^2} z)}$$

При изучении дифракции методом тёмного поля будем удалять компоненту $f_0 = ae^{ikz}$ ставя проволочку в соответствующем месте фурье-плоскости. В этом состоит метод тёмного поля в изучении фазово-контрастных объектов.

При небольших амплитудах звуковой волны показатель преломления жидкости n меняется по закону

$$n = n_0(1 + m \cos \Omega x),$$

где Ω – волновое число УЗ волны, $m \ll 1$ – глубина модуляции УЗ волны.

В общем случае после прохождения через кювету световое поле представляет совокупность не трёх, а большого числа плоских волн, распространяющихся под углами, определяемыми условием

$$\Lambda \sin \theta_m = m\lambda, \quad m \in \mathbb{Z}. \quad (2)$$

Каждая из этих волн соответствует одному из максимумов в дифракционной картине Фраунгофера. Определяя на опыте положение дифракционных максимумов различного порядка, можно по формуле (2) найти длину Λ УЗ-волны и вычислить скорость v распространения ультразвуковых волн в жидкости, если известна частота ν колебаний кварцевого излучателя:

$$v = \Lambda\nu.$$

3 Оборудование и инструментальные погрешности

Схема экспериментальной установки изображена на рис. 1.

В работе используются: Оптическая скамья Осветитель: $\lambda = 6400 \pm 200$ Длиннофокусные объективы Кювета с жидкостью Кварцевый излучатель с микрометрическим винтом: $l = 10$ мкм/дел Генератор ультразвуковой частоты 0.1кГц Линза Вертикальная нить на рейтере Микроскоп

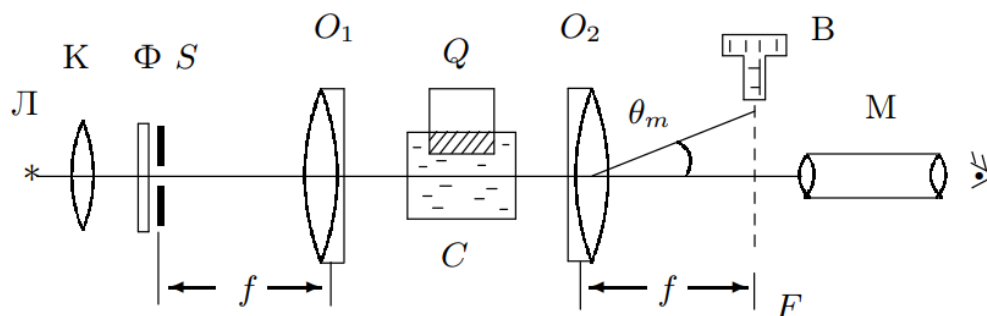


Рис. 1: Схема экспериментальной установки

Источник света Л с помощью конденсора К проецируется на входную (коллиматорную) щель S . Входная щель ориентирована горизонтально и прикрыта красным светофильтром Φ . Коллиматорный объектив O_1 посылает параллельный пучок на кювету с водой C . Излучатель Q , погружённый в кювету, создаёт УЗ-волну. Вертикальное перемещение излучателя осуществляется винтом I , тонкая подача — лимбом II . При определённых положениях излучателя волна становится стоячей.