

Работа 4.3.2

Дифракция света на звуковой волне в жидкости

Работу выполнил Матренин Василий Б01-006

Цель работы: изучение дифракции света на синусоидальной акустической решетке и наблюдение фазовой решетки методом темного поля.

В работе используются: оптическая скамья, осветитель, два длиннофокусных объектива, кювета с жидкостью, кварцевый излучатель с микрометрическим винтом, генератор звуковой частоты, линза, вертикальная нить на рейтере, микроскоп.

1 Теория

При прохождении ультразвуковой волны через жидкость в ней возникают периодические неоднородности коэффициента преломления, создается фазовая решетка, которую мы считаем неподвижной ввиду малости скорости звука относительно скорости света.

Показатель n преломления изменяется по закону:

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

где $\Omega = 2\pi/\Lambda$ - волновое число УЗ волны, m - глубина модуляции n ($m \ll 1$).

Фаза Φ колебаний световой волны на задней стенке кюветы:

$$\Phi = \Phi_0 (1 + m \cos \Omega x) \quad (2)$$

После прохождения через кювету световое поле есть совокупность плоских волн, распространяющихся под углами Θ , соответствующими максимумам дифракции Фраунгофера (см рис. 1):

$$\Lambda \sin \Theta_m = m\lambda \quad (3)$$

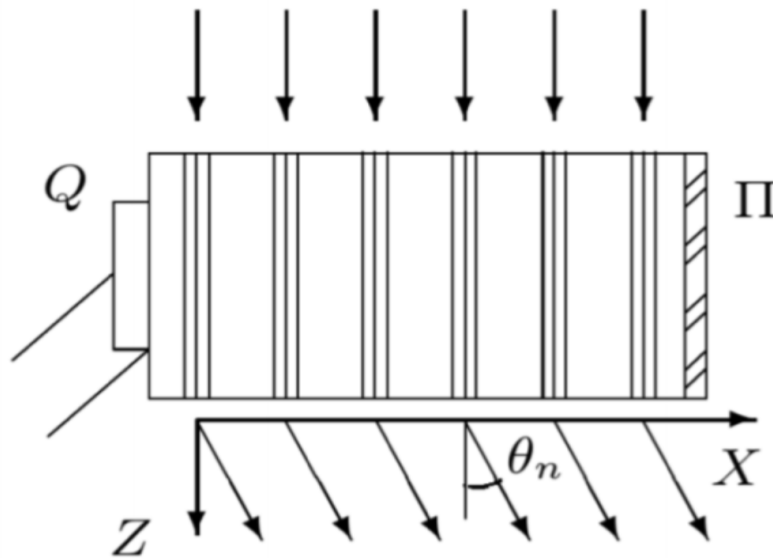


Рис 1. Дифракционная картина

Длина УЗ волны высчитывается по формуле

$$\Lambda = m \frac{\lambda F}{l_m} \quad (4)$$

2 Схема установки

1. Определение скорости УЗ волны по дифф картине:

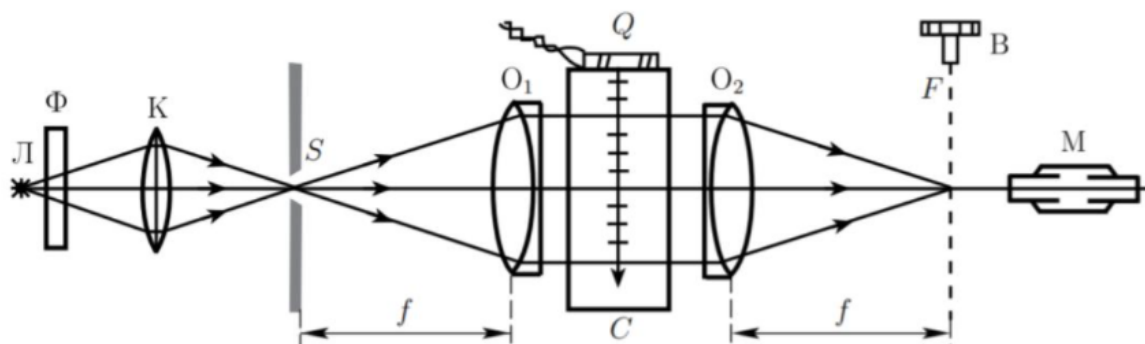


Рис 2. Схема установки 1

2. Определение скорости УЗ волны методом темного поля:

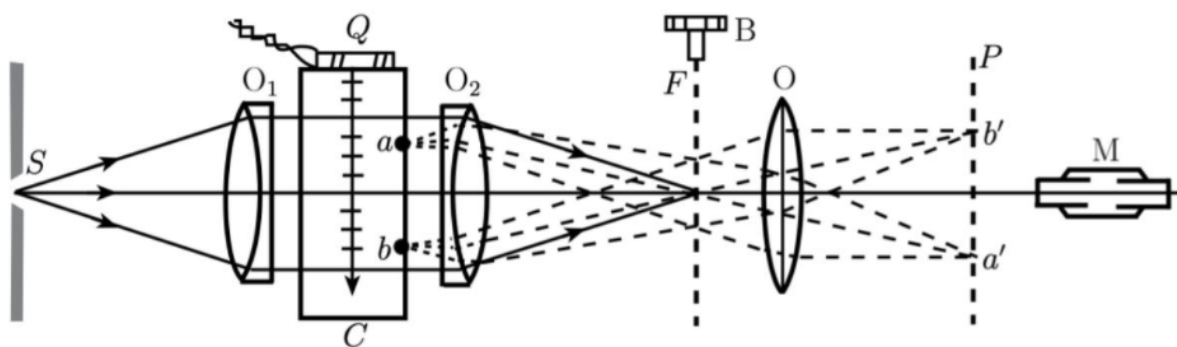


Рис 3. Схема установки 2

3 Ход работы

3.1 Параметры установки

Параметры установки:

- фокусное расстояние объектива $F = 30$ см
- Цена деления микрометрического винта на микроскопе $d = 4$ мкм
- Частота проявления дифракционной решетки $\nu_0 = 1.17$ МГц

3.2 Экспериментальные данные

Положения дифф максимумов X_m при $\nu = 1.17$ МГц представлены в таблице 1.

Table 1

m	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
X_m , мкм	-604	-452	-304	-152	0	148	292	440	588

Положения дифф максимумов X_m при $\nu = 1.28$ МГц представлены в таблице 2.

Table 2

m	-3	-2	-1	0	1	2	3
X_m , мкм	-496	-328	-160	0	164	348	516

Положения дифф максимумов X_m при $\nu = 1.40$ МГц представлены в таблице 3.

Table 3

m	-3	-2	-1	0	1	2	3
X_m , мкм	-544	-360	-180	0	184	368	548

Положения дифф максимумов X_m при $\nu = 1.55$ МГц представлены в таблице 4.

Table 4

m	-3	-2	-1	0	1	2	3
X_m , мкм	-596	-392	-196	0	196	404	600

3.3 Графики

Графики для зависимостей $X_m(m)$ представлены на рисунках 3 - 6.

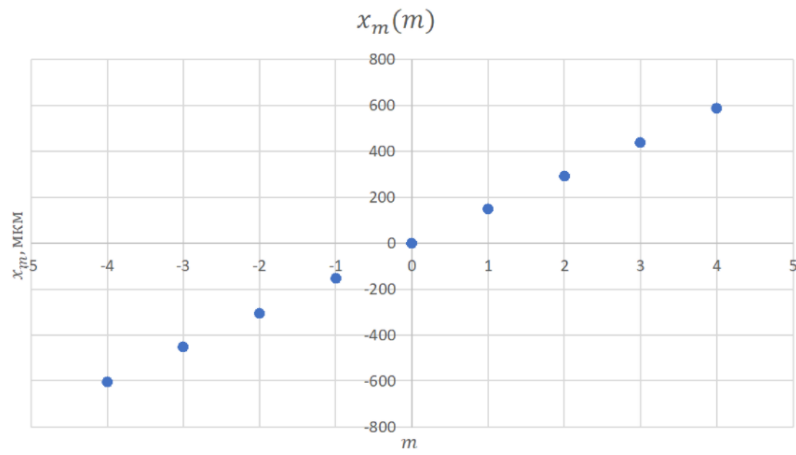


Рис 4. График для $\nu = 1.17$ МГц

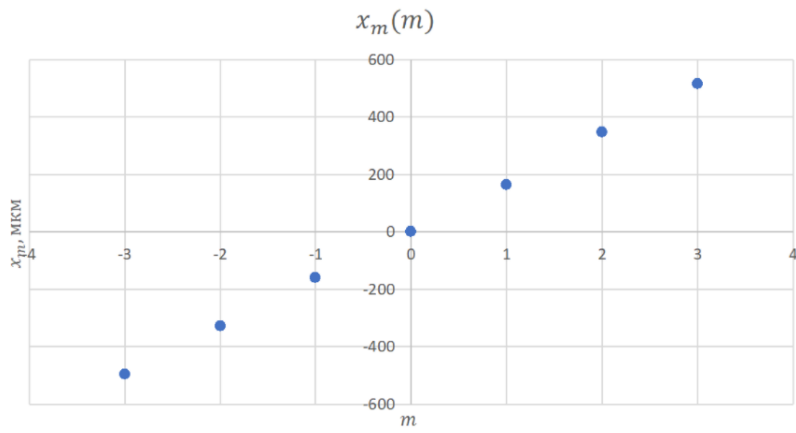


Рис 5. График для $\nu = 1.28$ МГц

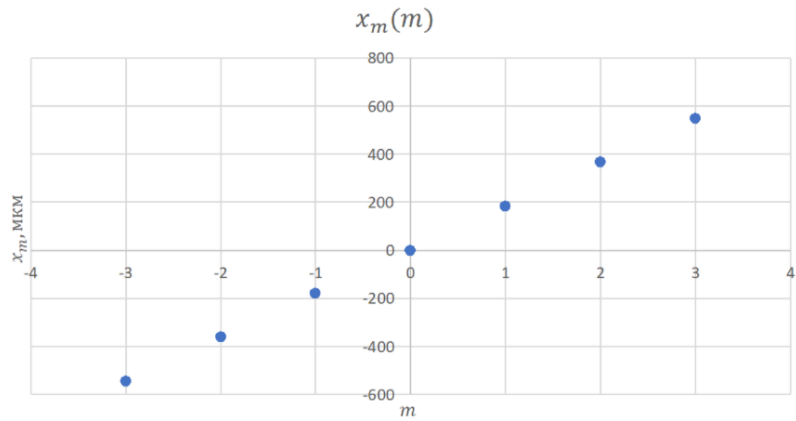


Рис 6. График для $\nu = 1.40$ МГц

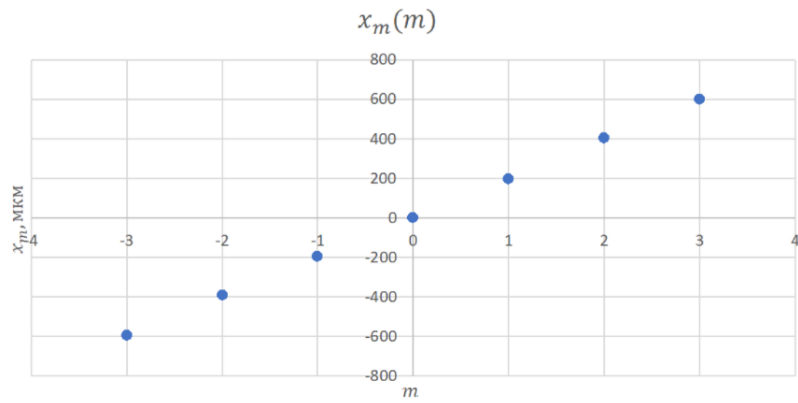


Рис 7. График для $\nu = 1.55$ МГц

3.4 Построение зависимости $\Lambda(1/\nu)$

Коэффициенты пропорциональности для зависимостей $X_m(m)$ и значения Λ для различных частот представлены в таблице 5.

Table 5

ν , МГц	τ , мкм	Λ , мкм
1.17	149	1289
1.28	168	1141
1.40	182	1055
1.55	199	965

График для зависимости $\Lambda(1/\nu)$ представлен на рисунке 7.

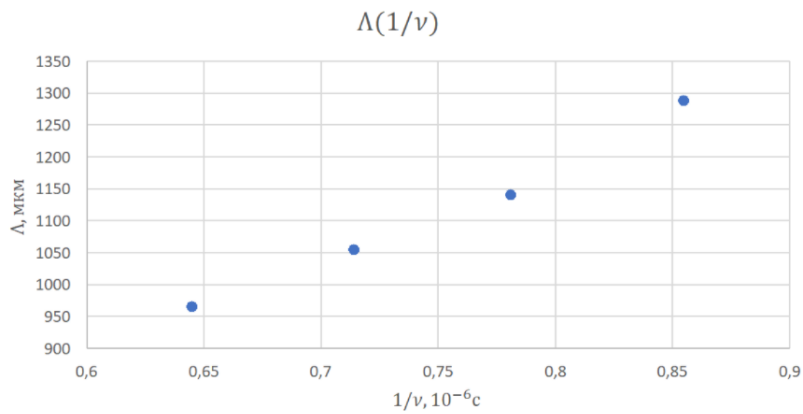


Рис 8. График $\Lambda(1/\nu)$

Из к-та наклона графика получаем скорость распространения УЗ в воде: $V_{\text{УЗ}} = (1498 \pm 50)$ м/с.

4 Вывод

В работе изучена дифракция света на акустической решетке. Построены графики для зависимостей $X_m(m)$ при четырех разных частотах. Так же получена зависимость $\Lambda(1/\nu)$. Рассчитаны длины волн УЗ и скорость его распространения в воде.