

МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

Физтех-школа прикладной математики и информатики

**Отчёт о выполнении лабораторной работы 4.3.2-В**  
**Дифракция света на ультразвуковой волне в жидкости**

Автор:  
Чикин Андрей Павлович  
Б05-304

Долгопрудный, 2025

**Цель:** изучение дифракции света на синусоидальной акустической решётке и наблюдение фазовой решётки методом тёмного поля.

**Используются в работе:** оптическая скамья, осветитель, два длиннофокусных объектива, кювета с жидкостью, кварцевый излучатель с микрометрическим винтом, генератор ультразвуковой частоты, линза, вертикальная нить на рейтере, микроскоп.

## Установка

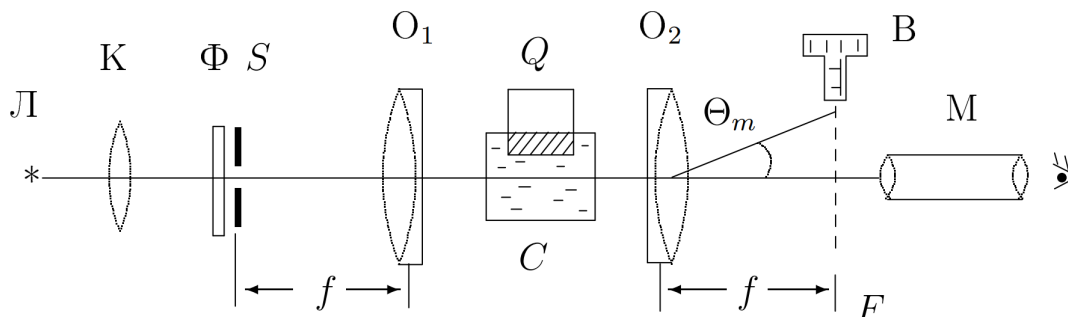


Рис. 1: Схема для наблюдения дифракции на акустической решетке

**Л** – источник света.

**Φ** – светофильтр (красный).

**К,  $O_1$ ,  $O_2$**  – линзы.

**С** – емкость с водой.

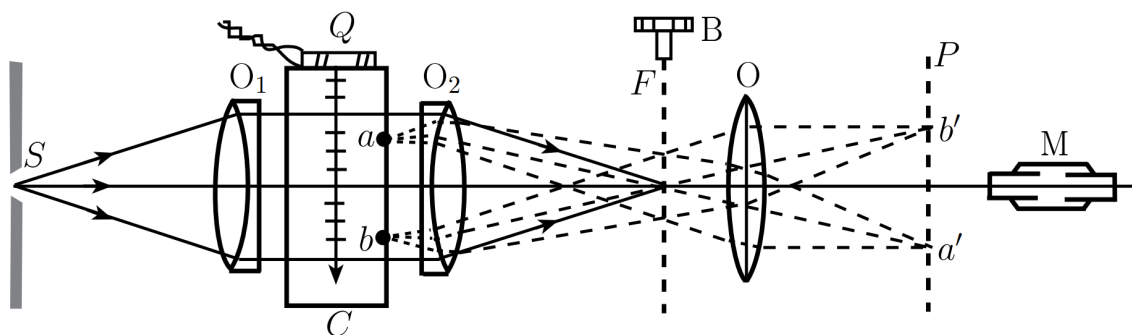
**Q** – источник волн.

**В** – стекло с перемещающим винтом.

**М** – микроскоп.

Схема установки приведена на рисунке 1. Источник света **Л** через светофильтр **Φ** и конденсор **К** освещает вертикальную щель **S**, находящуюся в фокусе объектива  **$O_1$** . После объектива параллельный световой пучок проходит через кювету **С** перпендикулярно акустической решетке, и дифракционная картина собирается в фокальной плоскости объектива  **$O_2$** , наблюдается при помощи микроскопа **М**.

Измерим положения дифракционных максимумов с помощью микроскопического винта **В**.



Для наблюдения акустической решетки используется метод темного поля, который заключается в устранении центрального дифракционного максимума с помощью непрозрачного экрана.

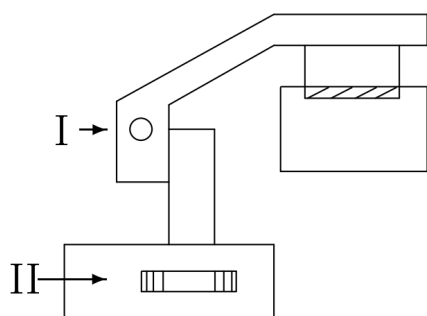


Рис. 2: Устройство для вертикального перемещения излучателя

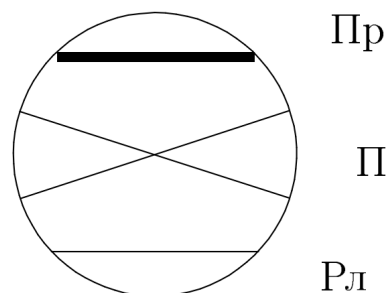


Рис. 3: Проволока, Пр, перекрестие П и реперная линия Рл в плоскости F

## Теоретическая часть

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

$n$  - коэфф. приломления в воде.

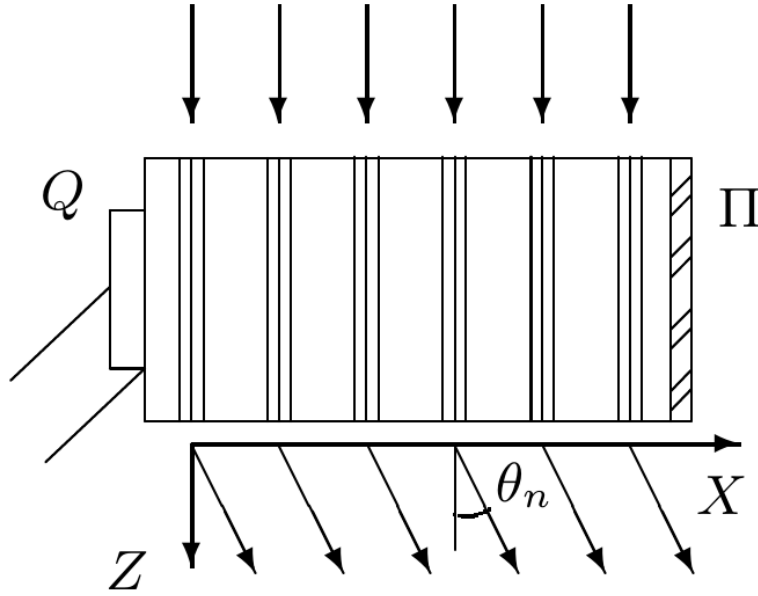


Рис. 4: Эффект дифракции на ультразвуковой волне

Фаза колебаний на задней стенке С:

$$\phi = knL = \phi_0(1 + m \cos \Omega x) \quad (2)$$

$k = \frac{2\pi}{\lambda}$  – волновое число.

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

$$\Lambda = m\lambda F/l_m \quad (4)$$

$$v = \Lambda \nu \quad (5)$$

## Ход работы

### 1 Определение скорости ультразвука по дифракционной картине

1. Соберем схему.
2. Получим дифракционную картину в микроскопе.  
Для этого включим излучатель.  
Найдем д.к. на частоте  $\nu \approx 1\text{МГц}$ .  
Д.к. должна иметь  $\pm 7$  максимумов.

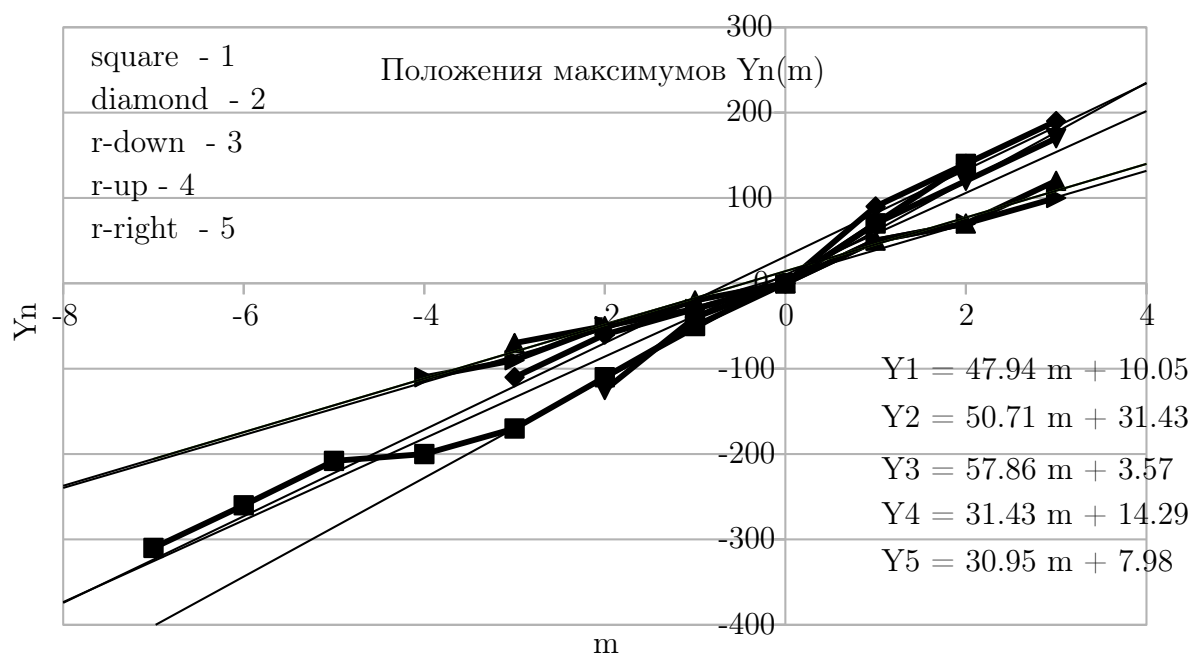
С помощью микроскопа и отметок на стеклышке определим положение дифракционных максимумов по  $Y$ .

3. Повторим п. 2 для 4-5 различных частот в интервале  $[1, 8]$  МГц. Результаты приведены в таблице.

$n$	1	2	3	4	5
$\nu_n, \text{М}$	1.057	2.065	3.052	5.02	6.56
$m$	$Y_n, \text{мкм}$				
-7	-310				
-6	-260				
-5	-208				
-4	-200				-110
-3	-170	-110		-70	-90
-2	-110	-60	-125	-50	-50
-1	-50	-30	-40	-20	-30
0	0	0	0	0	0
1	70	90	70	50	50
2	140	140	120	70	70
3		190	170	120	100

Таблица 1: Положения максимумов

4. Построим графики  $Y_n(m)$ .



$$Y_n(m) = m\lambda f / \Lambda_n \quad (6)$$

$$\alpha_n = \frac{\Delta Y_n}{\Delta m} \quad (7)$$

$$\Lambda_n = \frac{\lambda f}{\alpha_n} \quad (8)$$

$n$	$\alpha_n, \text{MKM}$	$\Lambda_n, \text{CM}$	$v_n, \frac{\text{M}}{\text{C}} \cdot 10^3$
1	48	0.37	4
2	51	0.35	7
3	58	0.31	9
4	31	0.57	29
5	31	0.58	38

В общем, полная ерунда.

Табличное значение скорости звука в воде:

$$v = 1500 \frac{\text{M}}{\text{C}}$$

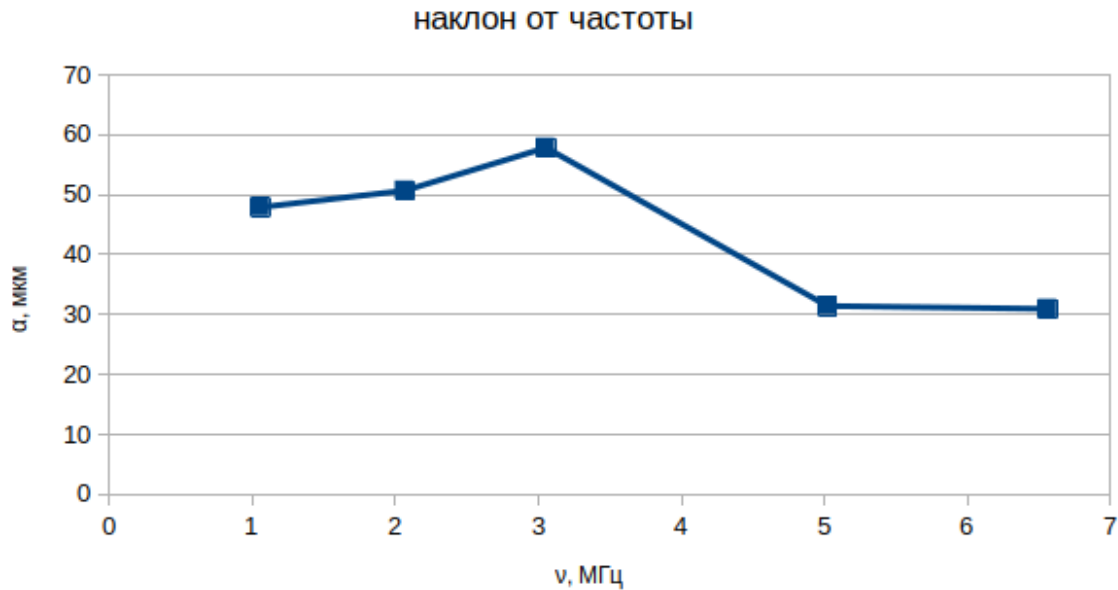
## 2 Определение скорости ультразвука методом тёмного поля

Данная часть работы у нас не получилась.

Мы смогли сфокусировать микроскоп на калибровочную сетку, но не смогли закрыть дифракционный максимум проволочкой на стекле.

## Выводы

Работа получилась просто ужасно.  
Хотя бы пронаблюдали дифракцию.



1. Судя по формуле из теории:  $\alpha_n \sim \nu_n$ , т.е. на интервале  $\nu_n \in [1, 8]$  МГц расстояния между максимумами должны были изменяться примерно в 8 раз в ходе эксперимента, чего мы совсем не наблюдали.
2. Даже если мы ошиблись в порядке или в номерах максимумов, это никак не повлияло бы на тот факт, что у нас  $\alpha_n \neq \nu_n$ .  
Также  $\alpha_n$  значительно скачет с частотой ( $58 \rightarrow 31$ ), что делу не помогает.
3. Возможно установление стоячей волны с определенной частотой в емкости с водой это слишком сложная задача. Что если емкость (которая также прямоугольный волновод) резонирует только с частотой  $\nu_1 \approx 1$  МГц? Это объясняло бы, почему д.к. не сильно менялась от частоты. Но это лишь догадки.
4. По поводу второй части, возможно дифракционный максимум был слишком ярким и стоило уменьшить щель. Но, кажется, мы и это пробовали. Казалось бы, что может пойти не так, если мы просто пытаемся загородить луч света проволокой?