

Работа 4.15

Изучение дифракции света на ультразвуковых волнах

Оборудование: ультразвуковой генератор, предметный столик, сосуд с жидкостью, зрительная труба, дифракционная решетка.

Введение

Прозрачная жидкость, в которой распространяется ультразвуковая волна, ведет себя в оптическом отношении аналогично обыкновенной плоской решетке с периодом, равным длине ультразвуковой волны λ_3 . Ультразвуковая волна, распространяемая в жидкости, представляет собой периодическую последовательность областей сжатия и разрежения, которые характеризуются также и различием показателей преломления. При освещении такой жидкости пучком параллельных лучей, перпендикулярных направлению распространения волны, кроме пучка, прошедшего без отклонения, наблюдаются и дифракционные пучки нескольких порядков.

Дифракцию света на ультразвуке можно наблюдать на установке, схематически изображенной на рисунке 4.34.

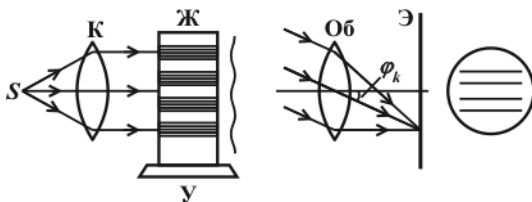


Рис. 4.34

Свет от источника S , преобразуемый линзой коллиматора K в пучок параллельных лучей, проходит через кювету с жидкостью $Ж$, в которой источник ультразвука создает волну, направленную перпендикулярно световой волне. При прохождении через такую жидкость различные участки фронта световой волны, сохраняя неизменной амплитуду, будут перемещаться с различной скоростью вследствие периодического характера изменения показателя преломления. В результате из жидкости выйдет световая волна, поверхность фронта которой будет уже не плоской, а как бы гофрированной. При наблюдении в параллельных лучах (фраунгоферова дифракция) в фокальной плоскости объектива $Об$ наблюдается дифракционный спектр, состоящий из ряда симметричных максимумов.

В простейшем случае, когда длина ультразвуковой волны λ_3 не слишком мала, а амплитуда незначительна, дифракция света на ультразвуке, как показывает теория, вполне аналогична дифракции на обычной штриховой решетке с периодом $d = \lambda_3$. Для последней, как известно, положение главных максимумов определяется условием

$$d \sin \varphi_k = k \lambda, \quad (1)$$

где φ_k — угол дифракции, λ — длина световой волны, k — порядок спектра.

Используя явление дифракции света на ультразвуковой волне, можно легко определить длину волны λ_3 и затем, зная частоту ν_3 , найти скорость распространения ультразвука в жидкости v_3 по формуле

$$v_3 = \lambda_3 \nu_3. \quad (2)$$

Источником ультразвуковых колебаний в данной работе служит пьезокварцевая пластинка. Эта пластинка является дном плоскопараллельной стеклянной кюветы, в которую наливают жидкость.

Порядок выполнения работы

Задание 1. Измерение длины и скорости распространения ультразвуковой волны.

1. Включите источник света.
2. На предметном столике установите прозрачную дифракционную решетку и наблюдайте спектр.
3. Пользуясь уравнением (1), определите φ_k для $k = 1$.
4. Определите цену деления шкалы окуляра по формуле

$$\gamma = \frac{\varphi_k}{\Delta n_k}, \quad (3)$$

где Δn_k — число делений окулярной шкалы между нулевым максимумом и максимумом k -го порядка.

5. Из полученных значений γ (рад/дел) найдите среднее.
6. Поместите на предметный столик вместо дифракционной решетки кювету с жидкостью.
7. Включите генератор ультразвуковых колебаний.
8. Медленно поворачивая ручку регулятора частоты, добейтесь возникновения в поле зрения окуляра резкой дифракционной картины.
9. По шкале окуляра определите положения всех дифракционных максимумов $\Delta n'_k$.
10. Пользуясь значениями $\Delta n'_k$, рассчитайте длину ультразвуковой волны по формуле

$$\lambda_3 = \frac{k \lambda}{\gamma \Delta n'_k}. \quad (4)$$

11. Найдите среднее значение $\bar{\lambda}_3$.
12. По формуле (2) определите скорость ультразвука v_3 .
13. Результаты измерений и вычислений запишите в таблицу:

№ п/п	d , м	k	λ , м	φ_k	Δn_k	γ	$\bar{\gamma}$	$\Delta n'_k$	$\bar{\lambda}_3$, м	v_3 , м/с
-------	---------	-----	---------------	-------------	--------------	----------	----------------	---------------	-----------------------	-------------

14. Рассчитайте абсолютную и относительную погрешности измерения v_3 .

ЗАДАНИЕ ДЛЯ УИР

Исследуйте характер дифракционной картины для случая распространения стоячей ультразвуковой волны в жидкости.



КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В чем причина дифракции света на ультразвуковых волнах?
2. Чему равен период дифракционной решетки, возникающей в объеме жидкости?
3. Каким образом распространяются световые лучи по отношению к направлению скорости ультразвуковых волн?
4. Какой вид дифракции имеет место в данном случае?
5. При каких условиях дифракция света на ультразвуке аналогична дифракции на прозрачной штриховой решетке?
6. Что представляет собой упругая ультразвуковая волна в жидкости?
7. Прохождение света через жидкость, в которой распространяется ультразвуковая волна, приводит к изменению амплитуды или фазы световой волны?
8. Изменится ли дифракционная картина, если через сосуд с жидкостью, в которой возбуждена ультразвуковая волна, пропустить пучок белого света?