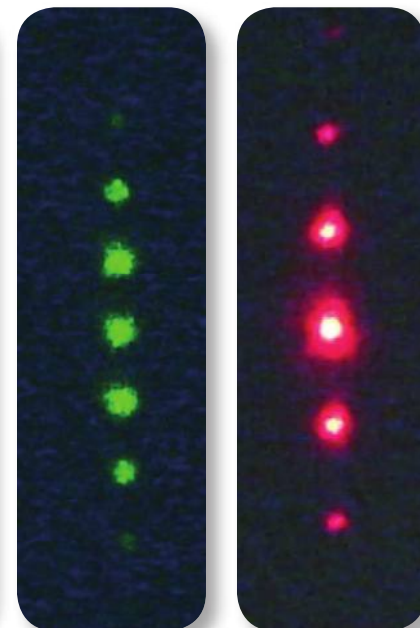




ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТА

- Наблюдение картины дифракции при фиксированной частоте ультразвука для двух различных длин волн света.
- Наблюдение картины дифракции при различных частотах ультразвука в диапазоне между 1 МГц и 12 МГц.
- Определение соответствующих длин волн звука и скорости звука.

ЦЕЛЬ ОПЫТА

Определение скорости ультразвуковых волн в жидкостях

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ

Периодические изменения плотности, вызванные стоячей ультразвуковой волной в жидкости, работают как оптическая дифракционная решетка для монохроматического параллельного луча света, который проходит в направлении, перпендикулярном направлению распространения ультразвуковой волны. По картине дифракции и известной длине волны света можно определить длину волны звука и использовать ее для расчета скорости звука в жидкости.

НЕОБХОДИМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Кол-во	Наименование	№ по каталогу
1	Генератор ультразвуковых непрерывных колебаний с зондом	U100061
1	Испытательный сосуд, укомплектованный принадлежностями	U10008
1	Красный лазерный диод для демонстрации эффекта Дебая-Сирса	U10007
1	Зеленый лазерный диод для демонстрации эффекта Дебая-Сирса	U10009
1	Карманная рулетка длиной 2 м	U10073
1	Связующий гель для опытов с ультразвуком	XP999

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ

Дифракция света на ультразвуковых волнах в жидкостях была предсказана Бриллюэном в 1922 г., а экспериментально это явление было подтверждено в 1932 г. Дебаем и Сирсом, а также Люка и Бикаром. Ее вызывают периодические изменения коэффициента преломления жидкости, которые порождаются ультразвуковыми волнами. Если луч света проходит через жидкость перпендикулярно направлению распространения ультразвука, структура работает как фазовая дифракционная решетка, которая движется в зависимости от скорости звука. Постоянная этой дифракционной решетки соответствует длине волны ультразвука и, таким образом, зависит от его частоты и скорости звука в данной среде. Движением фазовой дифракционной решетки можно пренебречь, если наблюдать явление на экране с большого расстояния.

В этом опыте вертикально ориентированный генератор создает в испытательной жидкости ультразвуковые волны на частотах между 1 МГц и 12 МГц. Монохроматический параллельный луч света проходит через жидкость в горизонтальном направлении и дифрагирует на этой фазовой дифракционной решетке. Картина дифракции содержит несколько дифракционных максимумов, отстоящих друг от друга на равные расстояния.

Максимум k -ого порядка дифракционной картины находится под углом дифракции α_k , который определяется выражением

$$(1) \quad \tan \alpha_k = k \cdot \frac{\lambda_L}{\lambda_S}$$

λ_L : длина волны света, λ_S : длина волны ультразвука.

Таким образом, длину ультразвуковой волны λ_S можно определить по расстоянию между дифракционными максимумами. Более того, принимая во внимание соотношение

$$(2) \quad c = f \cdot \lambda_S$$

можно рассчитать скорость звука c в жидкости, поскольку частота f ультразвуковых волн также известна.

ОЦЕНОЧНЫЙ РАСЧЕТ

Необходимо измерить расстояние s между генератором ультразвуковых волн и экраном, используемым для наблюдения дифракционной картины, а также расстояние x_{2k} между $-k$ -ым и $+k$ -ым дифракционными максимумами. По этим двум расстояниям можно рассчитать угол дифракции α_k для максимума k -ого порядка, который определяется выражением:

$$\tan \alpha_k = \frac{x_{2k}}{2 \cdot s}$$

Отсюда получаем следующее уравнение для определения длины ультразвуковой волны λ_S :

$$\lambda_S = \frac{2 \cdot k \cdot s}{x_{2k}} \cdot \lambda_L$$

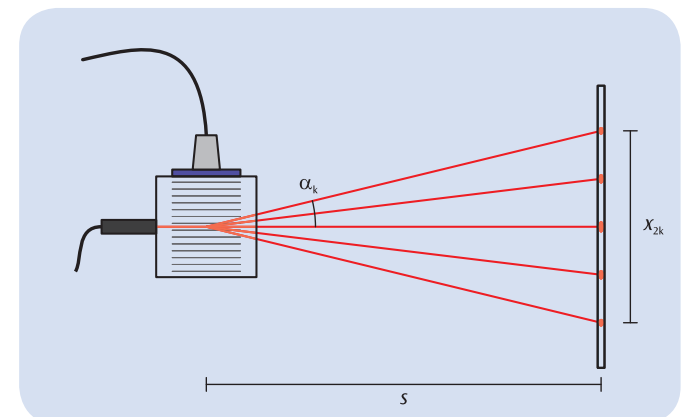


Рис. 1: Схема, показывающая дифракцию света на фазовой дифракционной решетке, создаваемой ультразвуковыми волнами в жидкости (эффект Дебая-Сирса)

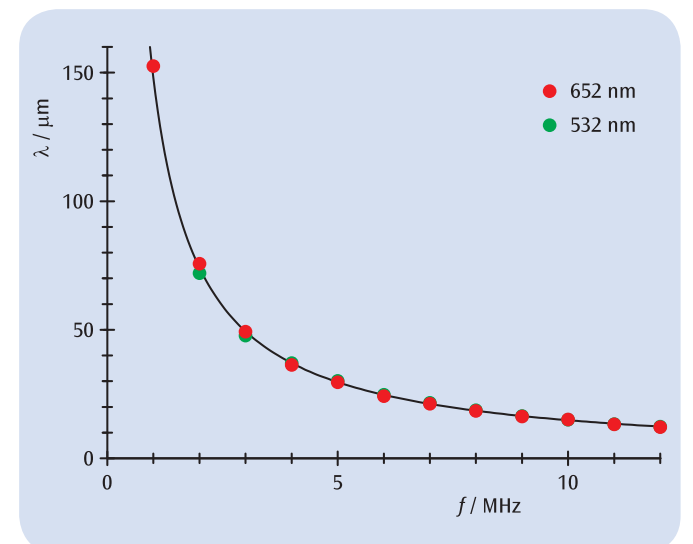


Рис. 2: Зависимость длины звуковой волны λ_S в воде от частоты f