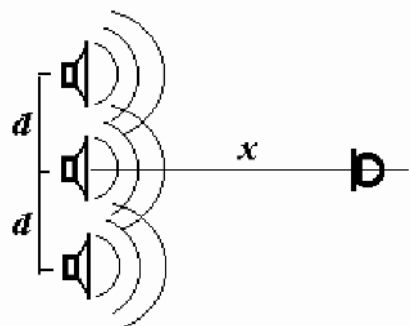
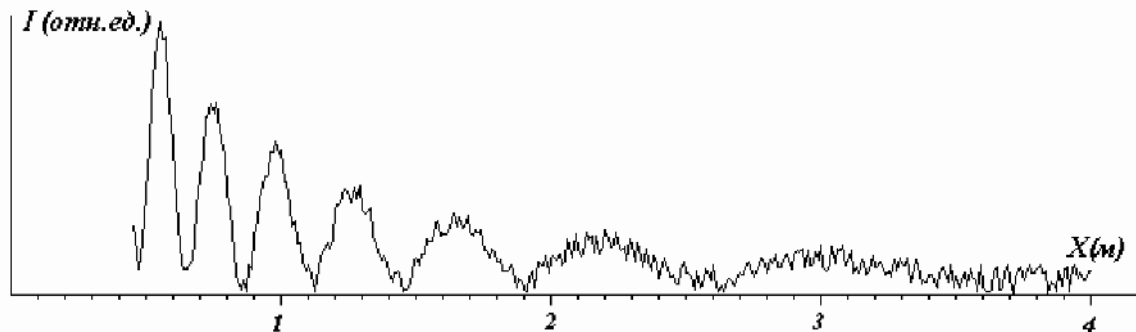


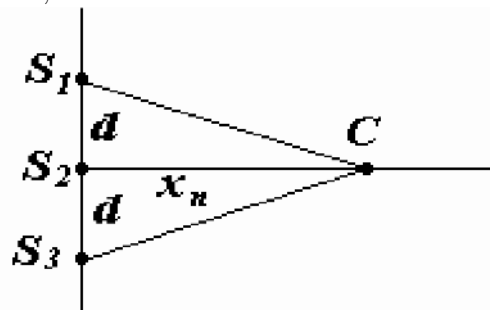
Условие

11-2. Для измерения скорости звука в воздухе была использована следующая установка: три одинаковых точечных источника звука с частотой $\nu = 2950 \text{ Гц}$ расположены на одной прямой на расстоянии $d = 1,50 \text{ м}$ друг от друга. Вдоль прямой, проходящей через центральный источник и перпендикулярной линии источников, проводят измерения громкости звука. Полученная зависимость громкости (в относительных единицах) от x - расстояния до центрального источника приведена на графике. Определите по этим данным скорость звука с максимально возможной точностью. Оцените погрешность вашего результата.



Решение

11.2 В данном случае наблюдается явление интерференции звуковых волн. На полученную зависимость громкости звука от координаты накладываются посторонние шумы, тем не менее,



интерференционные максимумы прослеживаются достаточно четко. В предположении, что все источники излучают синфазно, условие максимума имеет вид - разность хода Δl между волнами от S_1 , S_3 и S_2 должна равняться целому числу длин волн:

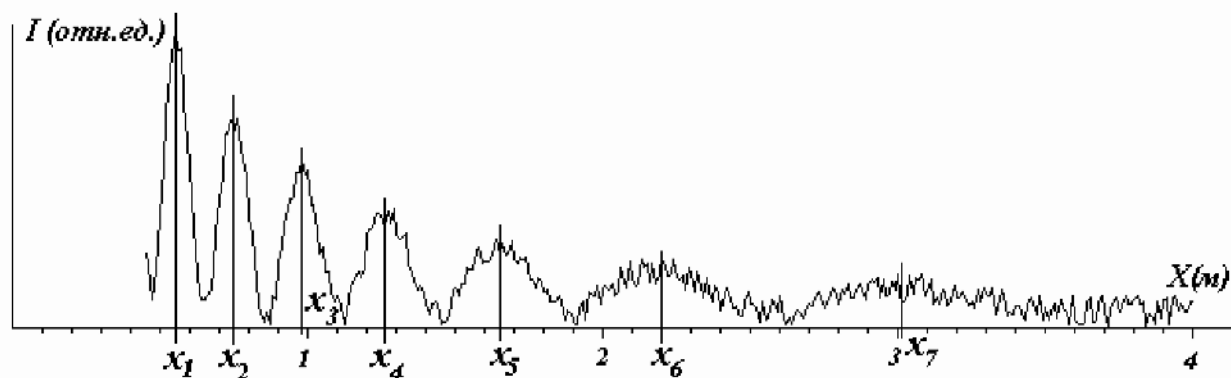
$$\Delta l = \sqrt{x_k^2 + d^2} - x_k = k\lambda \quad (1)$$

где x_k - координата k -го максимума. По представленному графику мы не можем определить порядок максимума, поэтому пронумеруем их в порядке следования x_n . Определим по графику численные значения координат максимумов и для каждого из них по формуле (1)

вычислим значение разности хода Δl_n , тогда разности $\Delta l_n - \Delta l_{n-1}$ должны приближенно равняться длине звуковой волны. Зная длину волны λ и ее частоту ν скорость волны c можно вычислить по формуле

$$c = \lambda \nu. \quad (2)$$

Результаты обработки графика представлены на рисунке и в таблице.



n	x_n	Δl_n	$\Delta l_n - \Delta l_{n-1}$
1	0,53	1,06	
2	0,75	0,93	0,13
3	0,98	0,80	0,13
4	1,27	0,69	0,11
5	1,68	0,57	0,12
6	2,20	0,46	0,11
7	3,02	0,35	0,11

Как следует из полученных результатов, сделанные предположения подтверждаются, различия в последнем столбце могут быть отнесены на счет неточностей снятия данных из исходного графика. Чтобы увеличить точность определения длины волны и оценить ее

n	x_n	Δl_n	$\Delta l_n - \Delta l_{n-1}$
1	0,53	1,06	
2	0,75	0,93	0,13
3	0,98	0,80	0,13
4	1,27	0,69	0,11
5	1,68	0,57	0,12
6	2,20	0,46	0,11
7	3,02	0,35	0,11

Как следует из полученных результатов, сделанные предположения подтверждаются, различия в последнем столбце могут быть отнесены на счет неточностей снятия данных из исходного графика. Чтобы увеличить точность определения длины волны и оценить ее погрешность можно обработать данные последнего столбца стандартными методами обработки результатов измерений. В этом случае окончательный результат

$\lambda = (0,12 \pm 0,02) \text{ м}$. Тогда скорость звука $c = (3,5 \pm 0,6) \cdot 10^2 \text{ м/с}$.

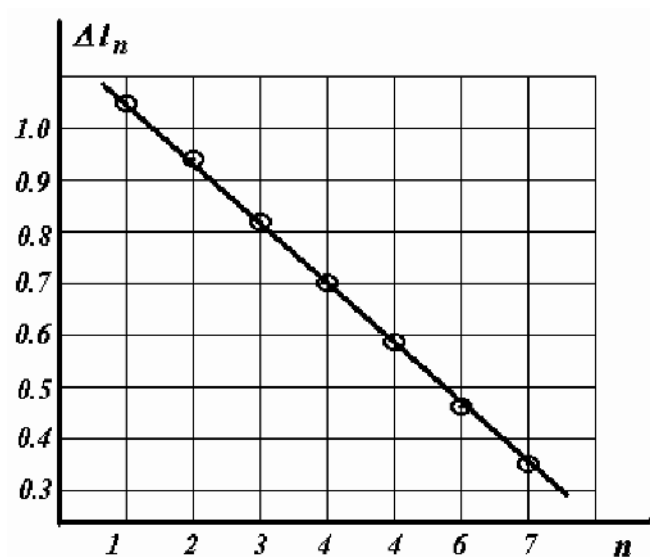
Более предпочтительной является обработка графическим методом с использованием метода наименьших квадратов. Построим график зависимости разности хода Δl_n от номера n .

Все точки этого графика ложатся на одну прямую, коэффициент наклона которой равен длине волны. Расчет этого коэффициента по методу наименьших квадратов приводит к результату

$$\lambda = (0,118 \pm 0,012) \text{ м}$$

Соответственно скорость звука

$$c = (3,5 \pm 0,3) \cdot 10^2 \text{ м/с}$$



Как видите, графическая обработка приводит к тому же численному значению, но с меньшей погрешностью. Строго говоря, из-за уменьшения амплитуды звуковых колебаний по мере удаления от источника положения максимумов интенсивности несколько отличаются от тех, которые следуют из формулы (1). Однако, эти смещения в данном случае меньше погрешностей определения координат максимумов по предложенному графику. Кстати, данный график рассчитан в предположении синфазности, источников равной интенсивности. Корректно учтено убывание амплитуды волны, добавлен случайный шум на уровне нескольких процентов.