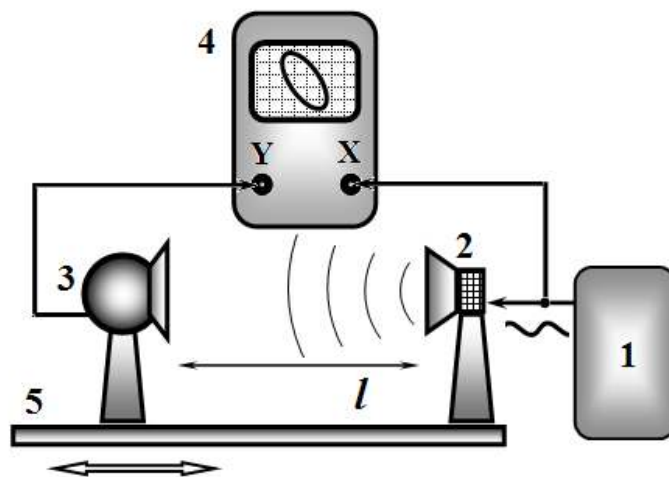


## Условие

### Задача 11-1 Измерение скорости звука с помощью осциллографа.

Для точного измерения скорости звука используется следующая экспериментальная установка.

Гармонический синусоидальный электрический сигнал с заданной частотой  $\nu$  от генератора 1 подается на звуковой динамик 2, испускающий звук той же частоты. Этот звук улавливается микрофоном 3. Динамик и микрофон размещены на подставках, микрофон может перемещаться по рельсу 5, тем самым, изменяя расстояние  $l$  между динамиком и микрофоном. Сигнал от генератора также подается на вход  $X$  осциллографа. Микрофон под действием звука выдает электрический сигнал, напряжение которого пропорционально давлению звуковой волны, падающей на микрофон. Этот сигнал подается на вход  $Y$  осциллографа.



Горизонтальное смещение луча на экране осциллографа пропорционально напряжению, подаваемому на вход  $X$ , а вертикальное смещение пропорционально напряжению, подаваемому на вход  $Y$ . Осциллограф настроен так, что максимальные смещения луча по горизонтали и вертикали равны.

### Часть 1. Изменение фигуры.

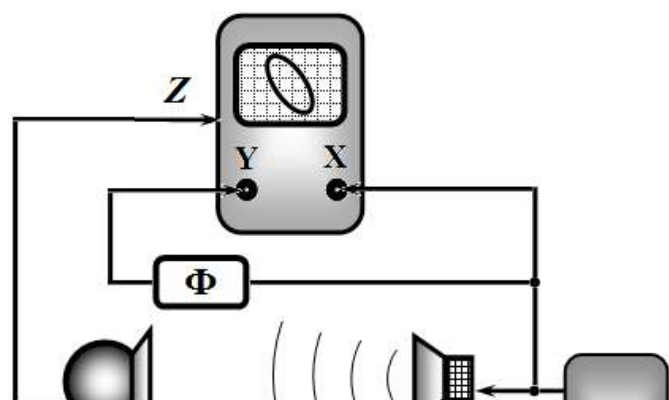
**1.1** Запишите уравнение звуковой волны, распространяющейся от динамика. Амплитуда волны  $A$ , частота  $\nu$ , скорость звука  $c$ .

**1.2** Запишите функции от времени, описывающие сигналы, подаваемые на входы  $X$  и  $Y$  осциллографа, в зависимости от расстояния  $l$ .

**1.3** Изобразите траектории луча на экране осциллографа при различных расстояниях  $l = m \frac{\lambda}{8}$   $m = 0, 1, 2, \dots, 8$ , где  $\lambda$  - длина звуковой волны. В каждом случае укажите направление движения луча.

### Часть 2. Движение выреза.

В осциллографе также имеется вход  $Z$ , напряжение на котором регулирует яркость луча. Если напряжение на этом входе превышает пороговое значение  $U_{\text{пор}}$ , то луч гаснет. На вход  $Z$  подается сигнал с микрофона. Пороговое



значение отрегулировано так, что  $U_{\text{пор.}} = 0,9U_{\text{max}}$ , где  $U_{\text{max}}$  - амплитудное значение сигнала микрофона. Синусоидальный сигнал от генератора по-прежнему подается на динамик и на вход  $X$  осциллографа. Этот же сигнал проходит через фазовращатель

(на схеме обозначен  $\Phi$ ), который изменяет фазу сигнала на  $\frac{\pi}{2}$ , не изменяя его амплитуды (для этого используется обычный конденсатор).

**2.1** Изобразите траекторию луча на экране при отключенном микрофоне.

При включенном микрофоне на траектории луча появляется вырез (из-за того, что вход  $Z$  гасит луч).

**2.2** Чему равен угловой размер образующегося выреза?

**2.3** Микрофон перемещают с постоянной скоростью  $\vec{V}$ , удаляя его от динамика. Модуль этой скорости значительно меньше скорости звука. Определите угловую скорость движения выреза на экране осциллографа, при частоте генератора равной  $\nu$ .

**2.4** При частоте генератора  $\nu = 600$  Гц и скорости движения микрофона  $V = 2,5 \frac{\text{мм}}{\text{с}}$  вырез делает полный оборот за время  $\tau = 220$  с. Определите по этим данным скорость звука в воздухе.