

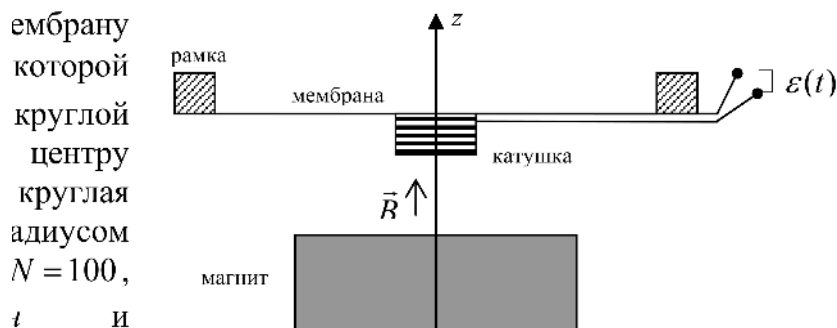
Динамик

Условие

Задача 2 «Динамик»

В данной задаче Вам предстоит рассмотреть работу простейшего динамического громкоговорителя (проще говоря, динамика).

Динамик представляет собой тонкую круглую упругую мембрану радиусом $r_d = 10,0$ см, края которой жестко закреплены в круглой металлической рамке. К центру мембраны приклеена маленькая круглая проволочная катушка радиусом $r = 10,0$ мм, числом витков $N = 100$, индуктивностью $L = 1,0$ мкГн и сопротивлением $R = 4,0$ Ом. Масса катушки $m = 50,0$ г (масса мембраны гораздо меньше массы катушки). Катушка может совершать вместе с мембраной колебания в вертикальной плоскости, причем собственная частота колебаний (т.е. частота колебаний в вакууме) равна $f_0 = 30$ Гц. При колебаниях в



воздухе мембрана создает звуковые волны, при этом на нее действует сила сопротивления, пропорциональная мгновенной скорости движения катушки $F_{\text{сопр}} = -\beta v$, Коэффициент $\beta = \frac{2\gamma P_0 S}{c}$, где $\gamma = 7/5$ - показатель адиабаты, $P_0 = 1,0 \cdot 10^5$ Па - атмосферное давление, $c = 333$ м/с - скорость звука в воздухе, S - площадь мембраны. Силы вязкого трения считайте пренебрежимо малыми.

Проволочная катушка находится в магнитном поле постоянного магнита, при этом ось катушки и ось симметрии магнитного поля совпадают. Вертикальная составляющая индукции магнитного поля вблизи катушки равна $B_z = B_0(1 - \alpha z)$, причем коэффициенты $B_0 = 1,0$ Тл, $\alpha = 100$ м $^{-1}$, а координата z отсчитывается от положения равновесия катушки.

1. Через катушку протекает постоянный ток I . Найдите силу F_A , действующую на катушку со стороны магнитного поля.

2. К катушке приложили ЭДС, изменяющуюся по закону $\varepsilon(t) = \varepsilon_0 \cos \omega t$. Найдите амплитуду установившихся колебаний катушки A . Изобразите примерный график зависимости $A(\omega)$. Определите амплитуду колебаний при частоте переменного напряжения $f = 30$ Гц и амплитуде $\varepsilon_0 = 1$ В.

3. К катушке приложили ЭДС, изменяющуюся по закону $\varepsilon(t) = \varepsilon_0 \cos \omega t$. Найдите среднюю звуковую мощность $P_{\text{зв}}$, излучаемую динамиком. Определите максимальную звуковую мощность $P_{\text{зв max}}$, если амплитуда напряжения $\varepsilon_0 = 1$ В. На какой частоте она достигается? Оцените максимальный КПД η_{max} динамика. Определите рабочий диапазон динамика. Изобразите примерный график зависимости звуковой мощности от частоты переменного напряжения $P_{\text{зв}}(\omega)$ (или $P_{\text{зв}}(f)$).

Примечания.

1. В данной задаче приняты следующие обозначения для частот: f - циклическая частота (измеряется в Гц), ω - угловая частота (измеряется в с $^{-1}$). $\omega = 2\pi f$

2. КПД динамика – отношение излучаемой звуковой мощности к потребляемой электрической мощности.

3. Рабочий диапазон динамика – интервал частот, на границах которого мощность в 2 раза меньше максимальной мощности.
4. Человеческое ухо способно воспринимать звук частотой от 20 Гц до 20000 Гц.