

Задание 11-1. Разминка

Задача 1.1

Уравнение 2 закона Ньютона для поршня имеет вид

$$ma = mg + \Delta PS \quad (1)$$

Здесь ΔP разность давления воздуха под поршнем и атмосферным давлением. Если поршень смещается на малую величину x , то давление также будет изменяться на малую величину. Для изотермического процесса справедливо уравнение

$$PV = const. \quad (2)$$

Из которого найдем изменение давления: $P = \frac{P_0 h}{h+x}$ здесь P_0 - давление газа в сосуде, когда поршень находится в равновесии на высоте h . При малых x можно записать

$$P = \frac{P_0 h}{h+x} \approx P_0 \left(1 - \frac{x}{h}\right). \quad (3)$$

Подстановка этого выражения в уравнение (1) приводит к уравнению гармонических колебаний:

$$ma = -P_0 S \frac{x}{h} \quad (4)$$

Период этих колебаний

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{P_0 S}{mh}}. \quad (5)$$

Для адиабатического процесса изменение давления определяется уравнением адиабаты:

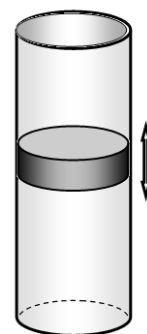
$$P = P_0 \left(\frac{h}{h+x}\right)^\gamma \approx P_0 \left(1 - \gamma \frac{x}{h}\right) \quad (6)$$

Тогда уравнение второго закона Ньютона примет вид

$$ma = -\gamma P_0 S \frac{x}{h}. \quad (7)$$

Период этих колебаний

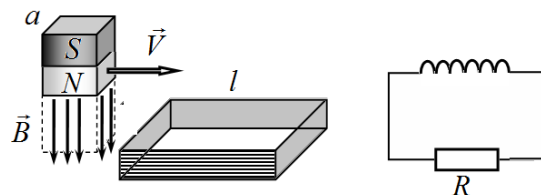
$$T_1 = 2\pi \sqrt{\gamma \frac{P_0 S}{mh}} = T_0 \sqrt{\gamma}. \quad (8)$$



Задача 1.2

Магнитный поток через рамку описывается функцией

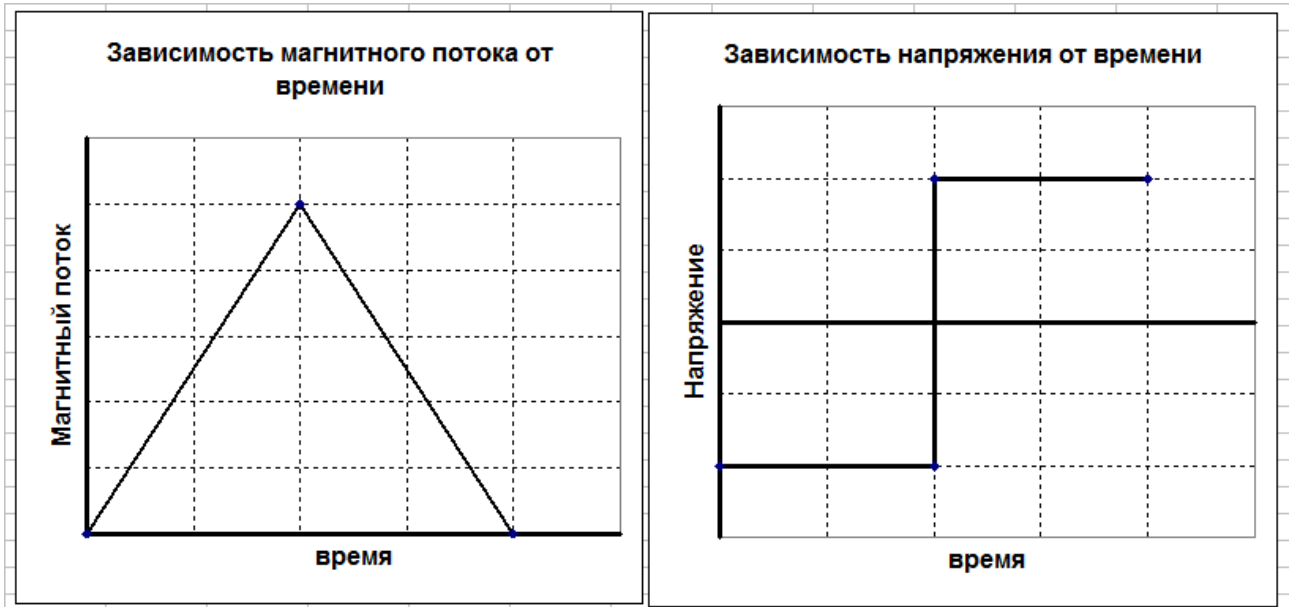
$$\Phi = \begin{cases} B \frac{l}{2} Vt, & \text{при } 0 < t < \frac{l}{2V} \\ B \frac{l}{2} (l - Vt) & \text{при } \frac{l}{2V} < t < \frac{l}{V} \end{cases} \quad (1)$$



Тогда по закону Фарадея ЭДС индукции и напряжение на резисторе равно

$$U = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \begin{cases} -B\frac{l}{2}V, & \text{при } 0 < t < \frac{l}{2V} \\ B\frac{l}{2}V & \text{при } \frac{l}{2V} < t < \frac{l}{V} \end{cases} \quad (2)$$

Графики этих функций показаны на рисунке.



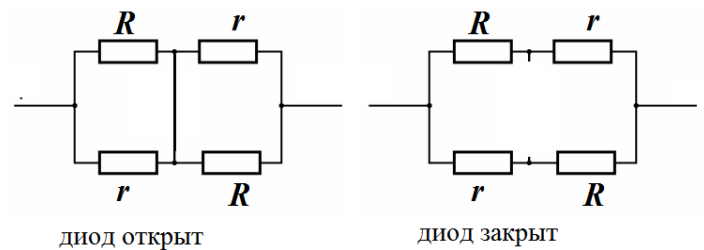
Задача 1.3

При открытом диоде (см. рис.)
Сопротивление схемы равно

$$R_1 = 2 \frac{Rr}{R+r}. \quad (1)$$

При закрытом диоде –

$$R_2 = \frac{R+r}{2}. \quad (2)$$



Из этой системы уравнений следует, что возможные значения сопротивлений равны 18,0 Ом и 6,0 Ом, причем общее сопротивление равно 9,0 Ом при закрытом диоде. Следовательно, при полярности, указанной на рисунке в условии задачи, диод открыт. Поэтому сопротивления связаны соотношением $R < r$. Отсюда окончательно следует, что

$$\begin{aligned} R &= 6,0 \text{ Ом} \\ r &= 18,0 \text{ Ом} \end{aligned} \quad (3)$$