



## Математика для школьников 7 – 11 класса (заочный тур) Решение задачи 6. Нанопружинка

1. Чтобы оценить по изображению требуемые параметры, каждый из них четырежды (для разных витков) измеряем линейкой, затем полученные величины усредняем и переводим в нанометры пропорционально длине бара.

Полученные таким образом средние значения составляют:

$$\begin{aligned} \text{ширина ленты } \mathbf{w} &= 336 \text{ нм,} \\ \text{диаметр спирали } \mathbf{D} &= 271 \text{ нм,} \\ \text{шаг спирали } \mathbf{H} &= 468 \text{ нм.} \end{aligned}$$

2. Длину витка спирали рассчитываем по теореме Пифагора, исходя из величины шага спирали и ее диаметра:

$$\mathbf{L} = \sqrt{H^2 + (\pi D)^2} = \sqrt{468^2 + (3,14 \cdot 271)^2} \approx \underline{971 \text{ нм.}}$$

Угол закрутки спирали находим как арктангенс соотношения шага спирали и длины образуемой ей окружности:

$$\alpha = \arctg(H/(\pi D)) = \arctg(468/(3,14 \cdot 271)) = \underline{28,8^\circ}.$$

Длина ленты, формирующей спираль, равна длине витка спирали, помноженной на число витков:

$$\mathbf{l}_{nb} = \mathbf{NL} = 10 \cdot 971 = 9,71 \cdot 10^3 \text{ нм} = \underline{9,71 \text{ мкм.}}$$

3. Спираль длиной  $\mathbf{L}_{sp} = 100 \text{ мкм}$  имеет

$$\mathbf{N} = \mathbf{l}_{sp}/\mathbf{H} = 100000/468 = 214 \text{ витков,}$$

что отвечает ленте длиной

$$\mathbf{l}_{nb} = \mathbf{NL} = 214 \cdot 971 = 207794 \text{ нм} = 0,207794 \approx 0,2 \text{ мм.}$$

Объем ленты составляет  $\mathbf{V} = \mathbf{w l}_{nb} \mathbf{d}$ , в то же время, он равен  $\mathbf{V} = \mathbf{m}/\rho$ .

Следовательно,

$$\begin{aligned} \mathbf{d} &= \mathbf{m}/(\rho \mathbf{w l}_{nb}) \\ \mathbf{d} &= 7 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-9} / (5,61 \cdot 10^6 \cdot 336 \cdot 10^{-9} \cdot 2,07794 \cdot 10^{-4}) = 17,9 \cdot 10^{-9} \text{ м} \approx \underline{18 \text{ нм.}} \end{aligned}$$