

## Моторчик

Уже достаточно давно в клетках обнаружены биомолекулярные моторы, способные превращать энергию химических связей молекулы АТФ в энергию вращательного движения. В ходе одного из экспериментов удалось прикрепить к вращающейся оси мотора пропеллер из никеля и наблюдать его вращение. Затем экспериментаторы вычисляли крутящий момент  $\tau$  по формуле

$$\tau = 4\pi\eta\omega(L_1^3 + L_2^3)[3\operatorname{acosh}(h/r)]^{-1}$$

полученной теоретически. Здесь  $\eta$  – вязкость среды, в которой вращается пропеллер,  $\omega$  – угловая скорость вращения,  $L_1$  и  $L_2$  – расстояния от точки прикрепления пропеллера до его концов,  $h$  – высота подставки, на которой стоял пропеллер,  $r$  – половина ширины пропеллера,  $\operatorname{acosh}$  – функция, обратная *гиперболическому косинусу*

$$\cosh(x) = \frac{e^x + e^{-x}}{2}.$$

Пользуясь формулой, найдите, на каком расстоянии от конца должен быть прикреплён пропеллер длины 750 нм и ширины 150 нм к подставке высоты 200 нм, чтобы он вращался с частотой 8 Гц, а крутящий момент был равен 20 пН·нм (**5 баллов**)? Эксперимент проводится в среде вязкости  $10^{-3}$  Па·с.