

Молекулярный мотор. Условие

При изучении строения клеточной стенки были обнаружены биомолекулярные моторы F_1 — АТФ-аза и АТФ-синтаза, способные превращать энергию химических связей молекулы АТФ в энергию вращательного движения. В ходе эксперимента (ссылка) удалось прикрепить к вращающейся оси мотора пропеллер из никеля и пронаблюдать его вращение. Затем экспериментаторы вычисляли крутящий момент τ по формуле

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

полученной теоретически.

Здесь η — вязкость среды, в которой вращается пропеллер, ω — 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, 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, крутящий момент которого равен 20 пН · нм, чтобы он вращался с максимально возможной частотой? Эксперимент проводится в среде вязкости 10^{-3} Па · с.