

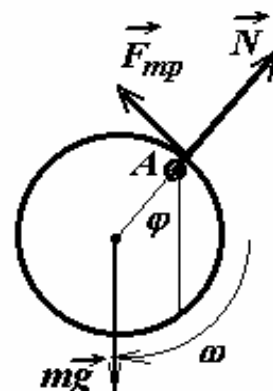
5. Из графика зависимости угла поворота кольца от времени видим, что центр кольца совершает затухающие колебания.

Найдем положения равновесия кольца, в котором сумма сил, действующих на кольцо равна нулю. Это условие имеет вид

$$\begin{aligned} N &= mg \cos \varphi \\ F_{mp} &= mg \sin \varphi \end{aligned} \quad (1)$$

Учитывая, что $F_{mp} = \mu N$, находим положение равновесия кольца

$\varphi_0 = \arctg \mu$, или $\mu = \tg \varphi_0$. Из графика закона движения находим $\varphi_0 \approx 0,33$, $\mu \approx 0,34$.



Рассмотрим теперь движение кольца на вертикальном стержне. Для того чтобы кольцо вращалось на постоянной высоте, необходимо, чтобы оно вращалось на стержне без проскальзывания - только в этом случае сила трения будет направлена вертикально вверх и сможет уравновесить силу тяжести.

Центр кольца в такой ситуации движется по окружности радиуса $(R - r)$, поэтому сила нормальной реакции

$$N = m \frac{v_0^2}{R - r}, \quad (2)$$

где v_0 - скорость центра кольца. Сила трения (которая в данном случае является силой трения покоя), может принимать значения

$$F_{mp} < \mu N. \quad (3)$$

Если кольцо остается на неизменной высоте, то выполняется условие

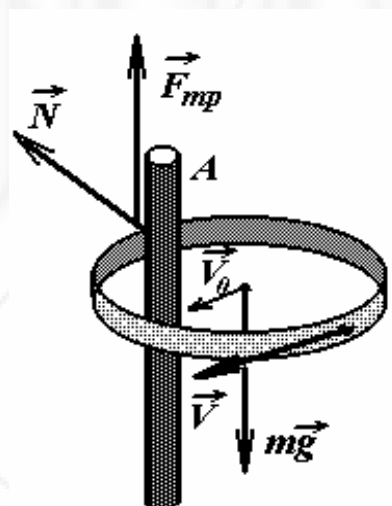
$$F_{mp} = mg. \quad (4)$$

Из выражений (2)-(3) находим

$v_0 > \sqrt{\frac{g(R - r)}{\mu}}$, а скорость крайней (по отношению к стержню)

точки кольца, может быть найдена из простых геометрических построений, учитывая, что кольцо вращается относительно оси стержня:

$$V = v_0 \frac{2R - r}{R - r}. \quad (5)$$



Таким образом, окончательный ответ данной задачи определяется по формуле

$$V > \frac{2R-r}{R-r} \sqrt{\frac{g(R-r)}{\mu}} \approx 3,5 \text{ м / с}$$

11 класс.

1. Мощность тока в цепи двигателя IU (I -сила тока в цепи двигателя, U - напряжение контактной цепи) равна сумме механической мощности βv^2 (v - скорость движения трамвая, βv - сила сопротивления), затрачиваемой на преодоление сил сопротивления, и мощности джоулевых тепловых потерь $I^2 R$ (R - полное электрическое сопротивление цепи двигателя):

$$IU = \beta v^2 + I^2 R. \quad (1)$$

Заметим, что слагаемое βv^2 равно произведению силы тока на ЭДС индукции, возникающей в якоре электродвигателя при его вращении.

Выразим полезную мощность $P = \beta v^2$ из уравнения (1):

$$\beta v^2 = IU - I^2 R. \quad (2)$$

Из вида зависимости $P(I)$ следует, что полезная мощность достигает максимального значения при $I = \frac{U}{2R}$, причем $P_{\max} = \frac{U^2}{4R}$.

При движении трамвая со скоростью v_0 , меньшей максимальной скорости, выполняется соотношение

$$\beta v_0^2 = I_0 U - I_0^2 R, \quad (3)$$

а при движении с максимальной скоростью справедливо

$$\beta v_{\max}^2 = \frac{U^2}{4R}. \quad (4)$$

Решив уравнения (3)-(4), определим сопротивление цепи

$$R = \frac{U}{2I_0} \left(1 \pm \sqrt{1 - \frac{v_0^2}{v_{\max}^2}} \right). \quad (5)$$

Два решения соответствуют тому, что полезная мощность квадратично зависит от силы тока (см. уравнение (2)), следовательно, ее одно и то же значение может быть достигнуто при двух значениях сопротивления цепи..

При остановке трамвая сила тока в цепи двигателя станет равной