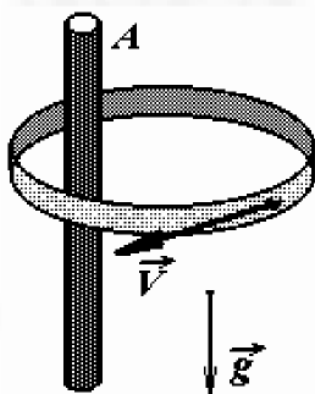
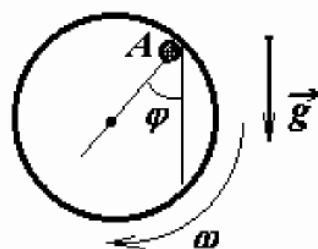
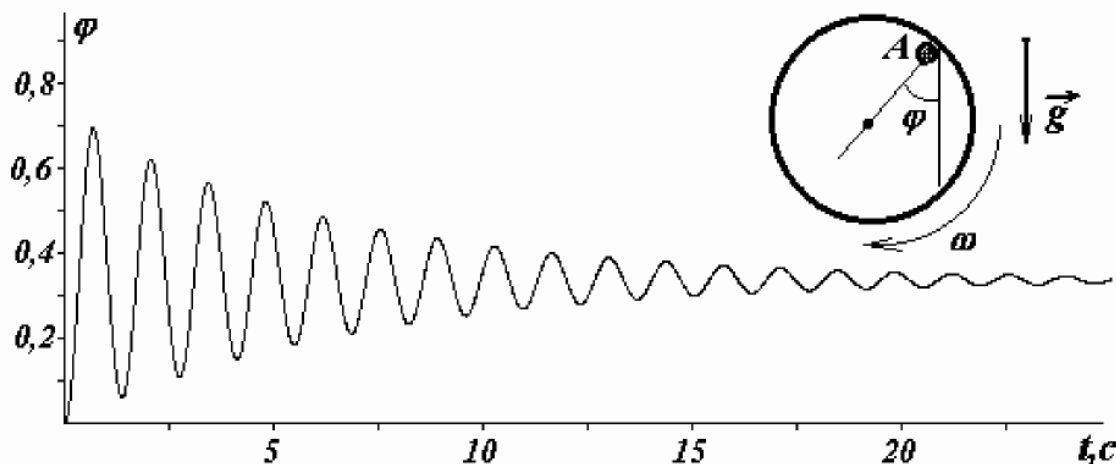
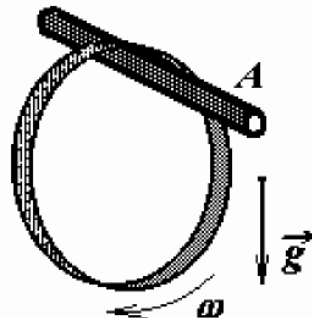


Условие

5 . Тонкое кольцо радиусом $R = 10\text{ см}$ сильно раскрутили вокруг собственной оси и повесили на горизонтальный стержень A радиусом $r = 1,0\text{ см}$. На графике представлена зависимость от времени угла φ , определяющего положение центра кольца. Определите коэффициент трения кольца о стержень.



Стержень A расположили вертикально. С какой скоростью необходимо толкнуть кольцо, чтобы оно вращалось вокруг стержня на постоянной высоте?

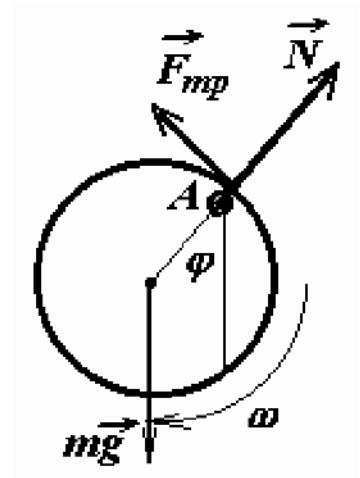
5. Тонкое кольцо радиусом $R = 10\text{ см}$ сильно раскрутили вокруг собственной оси и повесили на горизонтальный стержень A радиусом $r = 1,0\text{ см}$. На графике представлена зависимость от времени угла φ , определяющего положение центра кольца. Определите коэффициент трения кольца о стержень.

Стержень A расположили вертикально. С какой скоростью необходимо толкнуть кольцо, чтобы оно вращалось вокруг стержня на постоянной высоте?



Решение

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



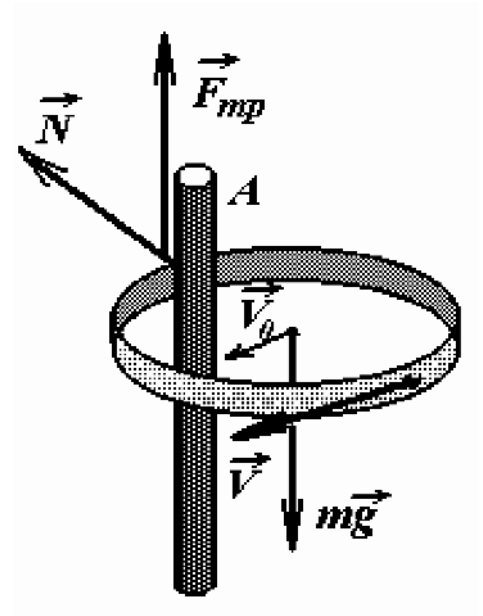
Найдем положения равновесия кольца, в котором сумма сил, действующих на кольцо равна нулю. Это условие имеет вид

$$N = mg \cos \varphi$$

$$F_{\text{тр}} = mg \sin \varphi \quad (1)$$

Учитывая, что $F_{\text{тр}} = \mu N$, 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

$$F_{\text{тр}} < \mu N. \quad (3)$$

Если кольцо остается на неизменной высоте, то выполняется условие

$$F_{\text{тр}} = mg. \quad (4)$$

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, учитывающих, 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

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