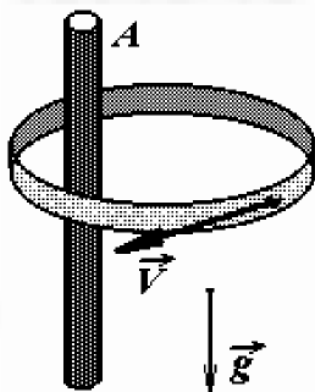
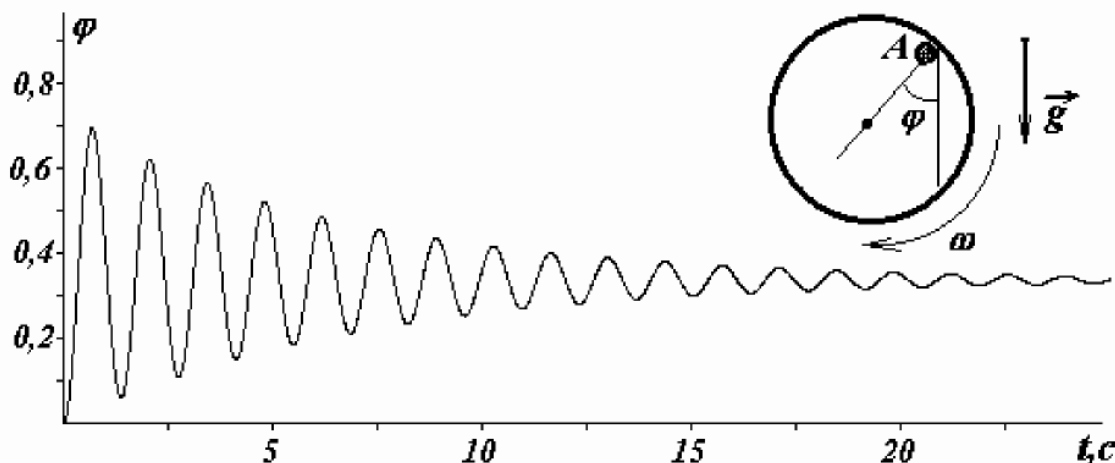
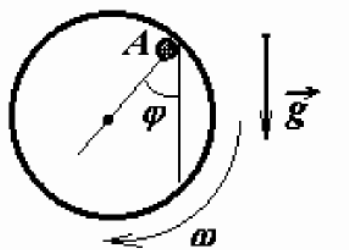
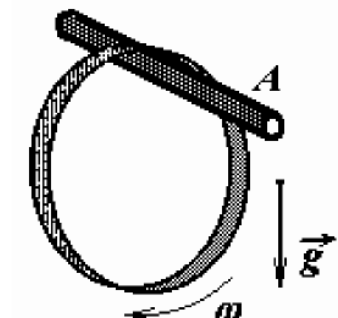


### Условие

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  $\varphi$ , определяющего положение центра кольца. Определите коэффициент трения кольца о стержень.

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  $\varphi$ , 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?

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



# Республиканская олимпиада по физике 1999 год, г. Гродно

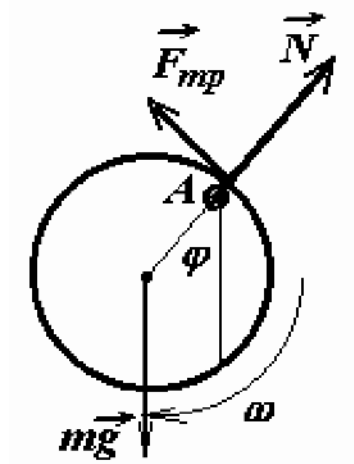
## Решение

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

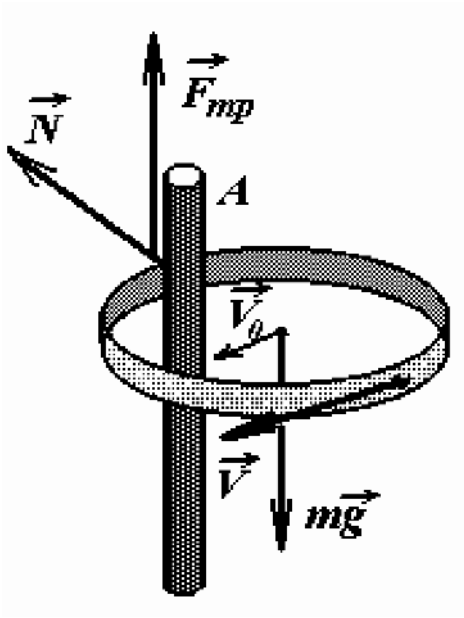
$$N = mg \cos \varphi$$

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

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

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