

Условие

10-3. Два камешка брошены с высокой башни под углом α к горизонту со скоростью s с интервалом времени Δt один за другим. Определите наименьшее расстояние между ними в течение полета и момент времени, когда камни будут находиться на этом расстоянии. Сопротивлением воздуха пренебречь.

Решение

10-3. См. решение №4 для 9 класса.

10-4-1. В инерциальной системе отсчета (ИСО) относительно Земли жук движется с угловой скоростью

$$\omega = 2\pi n \pm \frac{2\pi}{T}.$$

Где знаки соответствуют движению жука по или против направления вращения пластинки. Следовательно, его центростремительное ускорение

$$a = \omega^2 R = \left(2\pi n \pm \frac{2\pi}{T}\right)^2 R$$

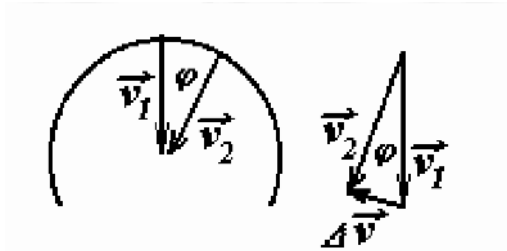
Согласно основному закону динамики

$$ma = F_{\text{тр}} = \mu mg \Rightarrow \mu = \frac{a}{g} = \left(2\pi n \pm \frac{2\pi}{T}\right)^2 \frac{R}{g}.$$

Расчеты приводят к следующим значениям: 0.34 для движения в сторону вращения и 0.16 для противоположного направления движения.

10-4-2. Ищем ускорение жука в ИСО. Центростремительное ускорение

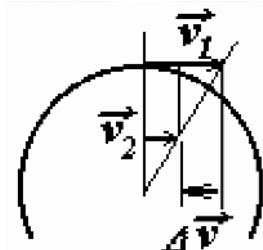
$$a_1 = \omega^2 R_1 = (2\pi n)^2 R_1.$$



Вследствие вращения изменяется направление вектора скорости, т.е.

$$\Delta v = v \Delta \varphi = v \omega \Delta t, \quad a_2 = \omega v.$$

С изменением расстояния изменяется и тангенциальная составляющая скорости, что тоже приводит к появлению соответствующей составляющей ускорения



$$\Delta v = \omega(R + \Delta R) - \omega R = \omega \Delta R, \quad a_3 = \omega \frac{\Delta R}{\Delta t} = \omega v$$

направленной так же как и a_2 .

Векторное сложение ускорений позволяет определить полное ускорение

$$a = \sqrt{a_1^2 + (a_2 + a_3)^2} = \sqrt{(2\pi n R)^2 + 4\omega^2 v^2} = 1,86 \text{ м/с}^{-2}.$$

Соответственно искомая сила трения равна

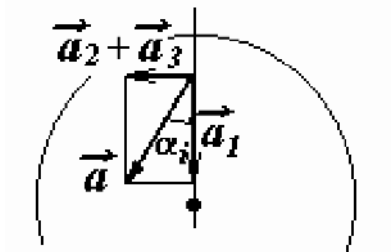
$$F_{\text{тр}} = ma = 9,3 \cdot 10^{-4} \text{ Н.}$$

Заметим, что решение данной задачи сводится к вычислению силы Кориолиса.

10-4-3. Для вычисления работы вспомним формулу

$$A = \vec{F} \cdot \vec{S},$$

где $\vec{F}$ - мускульная сила жука. Теперь нужно учесть то, что сила жука при движении постоянно меняется по величине и по



направлению, поэтому предлагается следующий способ вычисления

$$\begin{aligned} A &= \sum_i \vec{F}_i \cdot \Delta \vec{S}_i = \sum_i F_i \cdot \Delta r_i \cdot \cos \alpha_i = \sum_i \Delta r_i (F_i \cos \alpha_i) = \{F_i \cos \alpha_i = ma_{1i}\} = \\ &= \sum_i m\omega^2 r_i \Delta r_i = m\omega^2 \sum_i r_i \Delta r_i = m\omega^2 \frac{r^2}{2} = 1,19 \cdot 10^{-4} \text{ Дж.} \end{aligned}$$