

ДБ (26) Применение основных теорем динамики к исследованию движения материальной точки

шарик, приняв за материальную точку, движется из положения А внутри трубки, ось которой расположена в вертикальной плоскости (рис. 1). Найти скорость шарика в положениях В, С и Д и давление шарика на стенку трубки в положении С.

Трением в криволинейных участках траектории пренебреж.

Дано: $m = 0,2 \text{ кг}$; $v_A = 2 \text{ м/с}$; $\tau = 0,1 \text{ с}$; $R = 0,2 \text{ м}$; $f = 0,2$; $\alpha = 30^\circ$
 $v_B, v_C, v_D, N'_C - ?$

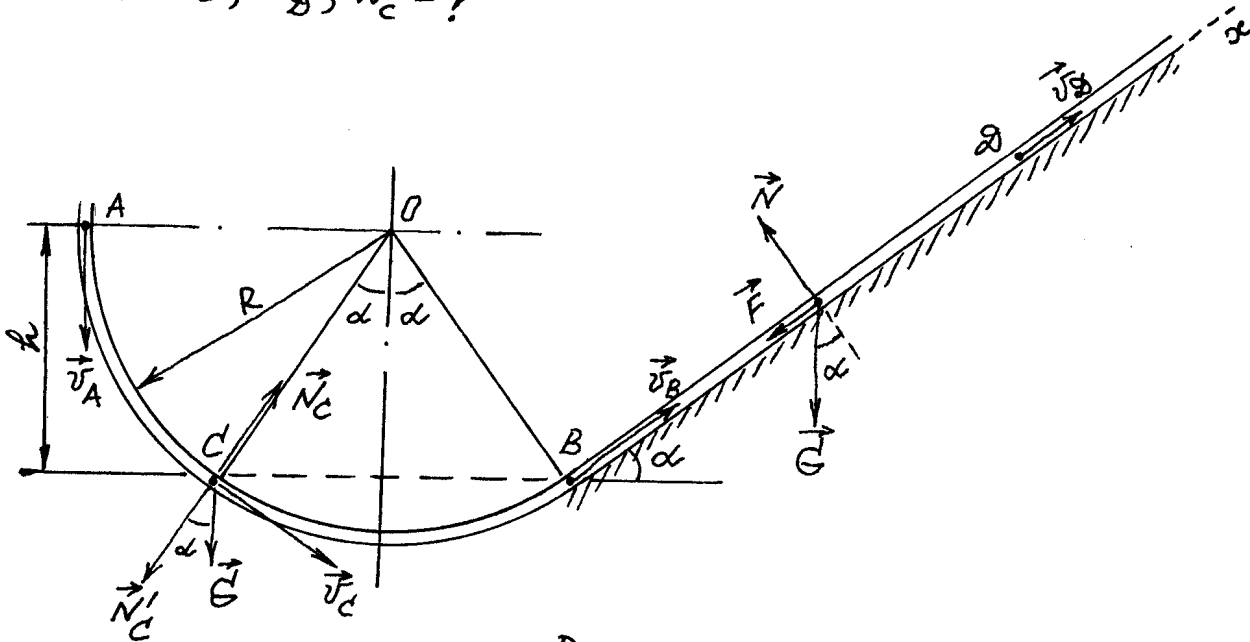


Рис. 1

Решение. Найдем скорость шарика в точке С. Воспользуемся теоремой об изменении кинетической энергии:

$$\frac{mv_C^2}{2} - \frac{mv_A^2}{2} = mgh, \quad (1)$$

где

$$h = R \cdot \cos \alpha.$$

Т.к. точки С и В находятся на одной высоте и трение на участке СВ отсутствовало, то

$$v_B = v_C.$$

Находим из (1)

$$v_C = v_B = \sqrt{v_A^2 + 2gR \cos \alpha} = \sqrt{2^2 + 2 \cdot 9,8 \cdot 0,2 \cdot \cos 30^\circ} \approx 2,7 \text{ м/с}.$$

Составим уравнение движения шарика в точке C ②

$$\frac{mv_C^2}{R} = N_C - G \cdot \cos \alpha \quad (2)$$

Находим нормальную реакцию N_C шарика из (2):

$$N_C = \frac{mv_C^2}{R} + mg \cdot \cos \alpha = \frac{0,2 \cdot 2,7^2}{0,2} + 0,2 \cdot 9,8 \cdot \cos 30^\circ = 7,3 \text{ Н} + 1,7 \text{ Н} = 9 \text{ Н}.$$

Давление шарика на стенку трубки

$$N_C' = N_C = 9 \text{ Н}.$$

Для нахождения скорости в точке D применим теорему об изменении количества движения:

$$mv_D - mv_B = \sum X_i \cdot \tau \quad (3)$$

где τ — время движения на участке BD;

$$\begin{aligned} \sum X_i &= -F - G \cdot \sin \alpha = -f \cdot N - G \cdot \sin \alpha = \\ &= -f \cdot G \cdot \cos \alpha - G \cdot \sin \alpha = -G \cdot (\sin \alpha + f \cdot \cos \alpha). \end{aligned}$$

Находим из (3)

$$\begin{aligned} v_D &= v_B - g \cdot (\sin \alpha + f \cdot \cos \alpha) \cdot \tau = \\ &= 2,7 - 9,8 \cdot (\sin 30^\circ + 0,2 \cdot \cos 30^\circ) \cdot 0,1 = \\ &= 2,7 - 0,66 \approx 2 \text{ м/с}. \end{aligned}$$

Ответ: $v_B = v_C = 2,7 \text{ м/с};$

$$v_D = 2 \text{ м/с};$$

$$N_C' = 9 \text{ Н}.$$