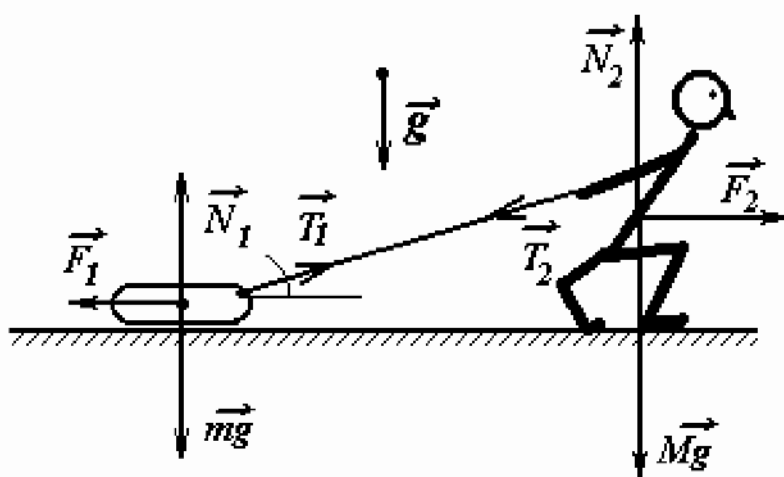


Условие

9-1. Стоя на льду, человек пытается сдвинуть тяжелые сани за привязанную к ним веревку. Масса саней 100 кг, человека 60 кг. Коэффициент трения саней о лед 0,20, человека – 0,30. Под каким углом к горизонту нужно тянуть за веревку?

Решение

9-1. Если попытаться тянуть сани горизонтально, то у нас ничего не получится: сила трения, удерживающая сани на льду ($F_1 = \mu_1 Mg = 196$ Н) слишком велика для того, чтобы человек мог их сдвинуть



($F_2 = \mu_2 Mg = 176$ Н) – он начнет проскальзывать раньше. Однако если тянуть нить не горизонтально, а под некоторым углом α к горизонту, то выполнение условий задачи возможно, т.к. при этом уменьшается вес саней и увеличивается вес человека. Таким образом:

$$\left. \begin{aligned} \mu_1 N_1 &= \mu_1 (Mg - T \sin \alpha) = T \cos \alpha \\ \mu_2 N_2 &= \mu_2 (Mg - T \sin \alpha) = T \cos \alpha \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

где $|\vec{T}_1| = |\vec{T}_2| = T$ – сила натяжения веревки, μ_1 и μ_2 , N_1 и N_2 – соответственно коэффициенты трения и силы реакции, относящиеся к саням и человеку.

Из (1) следует:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\frac{\mu_1 M}{\mu_2 m} - 1}{\mu_1 + \mu_1 \frac{M}{m}} = \frac{\mu_1 M - \mu_2 m}{\mu_1 \mu_2 (M + m)} = 0,21. \quad (2)$$

Таким образом, человек должен тянуть сани под углом большим чем $\alpha = \arctg(0,21) = 12^\circ$ к горизонту.

Из (2) видно, что при $\mu_2 t > \mu_1 M$ угол становится отрицательным ($\operatorname{tg} \alpha < 0$), в этом случае тянуть сани можно горизонтально. Заметим, что сдвинуть сани возможно при любом малом $\mu_2 \neq 0$, но для этого важно, чтобы руки были сильными настолько, чтобы обеспечить необходимое значение T , которое мы, за отсутствием надобности не

вычисляли. (Верхняя оценка для $T = mg$, когда сани станут «невесомыми» для льда; в этом случае нить практически вертикальна.)