

Условие

9-4. К гладкой вертикальной стене приставлена лестница массой m , образуя с ней угол α . Какой должен быть коэффициент трения между полом и лестницей, чтобы по ней мог взобраться человек массой M ?

Решение

9-4. Пусть человек находится на расстоянии x от верхнего края лестницы. Тогда условия равновесия лестницы имеет вид

$$mg\frac{l}{2}\sin\alpha + Mgx\sin\alpha - Nl\sin\alpha + F_{\text{тр}}l\cos\alpha = 0. \quad (1)$$

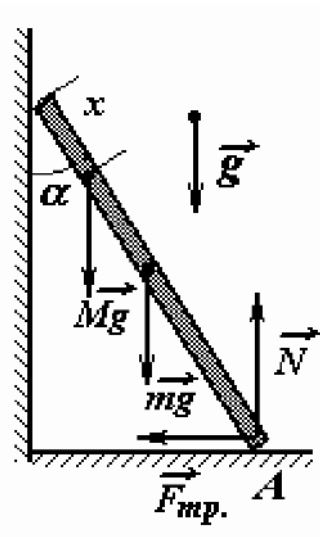
$$Mg + mg - N = 0, \quad (2)$$

где (1) – суммарный момент сил, действующих на лестницу относительно точки A , (2) – сумма проекций сил на вертикальную ось. Сила трения покоя не превышает силы трения скольжения, поэтому

$$F_{\text{тр}} < \mu N \quad (3)$$

Выражая из (1), (2) величины N и $F_{\text{тр}}$, подставляя их в (3), получим необходимое условие равновесия:

$$\mu \geq \frac{M + \frac{m}{2} - M\frac{x}{2}}{M + m} \operatorname{tg} \alpha.$$



Как следует из этого неравенства сила трения достигает максимального значения, когда человек поднимается на вершину лестницы, т.е. при $x = 0$. Поэтому окончательный ответ задачи

$$\mu \geq \frac{M + \frac{m}{2}}{M + m} \operatorname{tg} \alpha.$$

Отметим, что при $M \gg m$ ответ упрощается и приобретает знакомый вид

$$\mu \geq \operatorname{tg} \alpha.$$