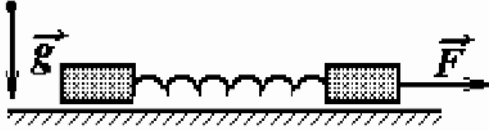


Условие

9-2. Два одинаковых груза массой M каждый, соединенные пружиной, лежат на шероховатой горизонтальной плоскости в поле тяжести земли. Какую минимальную горизонтальную силу необходимо приложить к правому грузу, чтобы пришел в движение левый груз? Коэффициент трения грузов о плоскость μ . В начальном состоянии пружина не деформирована.



Решение

9-2. Для того, чтобы сдвинуть тело 2 с места, необходимо приложить к нему горизонтально силу, которая превышает максимальную силу трения покоя, которая в данном случае равна

$$F_{\text{тр.2}} = \mu mg. \quad (1)$$

В качестве силы, которая сдвигает это тело, выступает сила упругости пружин, модуль которой, согласно закону Гука, равен

$$F_{\text{упр.}} = k\Delta x, \quad (2)$$

где k — жесткость пружины, Δx — ее удлинение.

Таким образом, необходимо удлинить пружину (т. е. сдвинуть тело 1) на величину

$$\Delta x = \frac{\mu mg}{k}. \quad (3)$$

Если мы приложим к телу 1 постоянную силу F , таким образом его движение не будет равноускоренным, так как на него действует, помимо постоянной силы трения $F_{\text{тр.}} = \mu mg$, сила упругости $F_{\text{упр.}} = k\Delta x$, которая не является постоянной. Качественно движение тела 1, при неподвижном теле 2, можно описать следующим образом. Если сила $\vec{F}$ по модулю превышает силу трения $\vec{F}_{\text{тр.1}}$, то тело начнет двигаться с положительным ускорением, при этом сила

упругости начнет возрастать, в некоторой точке $F_{\text{упр.}}$ превысит разность $F - F_{\text{тр.1}}$, и ускорение изменит свой знак. Тело 1 еще некоторое время будет двигаться в положительном направлении и затем остановиться. Максимальная деформация пружины будет в момент остановки тела. Эту максимальную деформацию Δx_1 можно найти, воспользовавшись энергетическими соображениями: работа постоянной силы F численно равна изменению энергии пружины плюс работа силы трения. Кинетическая энергия тела в начальный и конечный моменты движения равна нулю.

$$F\Delta x_1 = \mu mg\Delta x_1 + \frac{k(\Delta x_1)^2}{2} \quad (4)$$

или

$$F = \mu mg + \frac{k\Delta x_1}{2} \quad (5)$$

Очевидно, что для ответа на поставленный в задаче вопрос следует положить в (5) $\Delta x_1 = \Delta x$, определяемое (3). Окончательно получим

$$F = \mu mg + \frac{\mu mg}{2} = \frac{3}{2} \mu mg. \quad (6)$$

Обратите внимание на два обстоятельства:

1. Искомая сила равна сумме силы трения, действующей на тело 1, и половине (!) силы трения, действующей на тело 2;
2. Ответ не зависит от величины жесткости пружины. Подумайте, как объяснить эти обстоятельства в том случае, когда жесткость пружины очень велика (скажем, вместо пружины металлический стержень).

Не объясняет ли данная задача старую бурлацкую песню “поддернем, поддернем, да ухнем!”?

