

Козырева Надежда Анатольевна
Кандидат педагогических наук, заслуженный учитель Российской Федерации, преподаватель физики физико-технического лицея №1, г. Саратов.

Поговорим о трении

Статья предназначена для начального знакомства с силой трения. Показывается, как естественным путём ввести понятия силы трения покоя, силы трения скольжения, коэффициента трения.

Изучение темы «Силы трения» начинают со знакомства с силой трения покоя. Учащиеся, как правило, испытывают затруднения в понимании того, что сила трения покоя может изменяться от нуля до максимального значения. Именно поэтому начинать разговор о силе трения покоя нужно, на мой взгляд, с фронтального эксперимента. Для его проведения необходимо следующее оборудование: деревянный брусок, набор грузов, динамометр.



Опыт 1. Увеличивая (рис. 1) приложенную к бруску силу $\vec{F}$ и фиксируя при помощи динамометра её значение, при котором брусок начинает двигаться, убеждаетесь в том, что:

а) *сила трения покоя возникает в ответ на возможное перемещение;*

б) *сила трения покоя изменяется от нуля до максимального значения.*

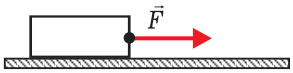


Рис. 1

Полезно начертить график зависимости силы трения покоя от приложенной силы (рис. 2).

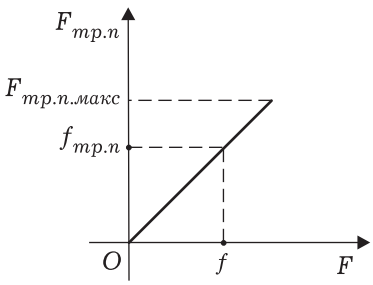


Рис. 2

Стоит обратить внимание на то, что в интервале $[0; F_{тр.п.макс}]$ сила трения покоя всегда равна по модулю и противоположна по направлению приложенной силе $\left(f_{тр.п.} = f\right)$, если эта сила параллельна поверхности соприкосновения рассматриваемых тел, а тела расположены на горизонтальной поверхности.

Если приложенная сила составляет с горизонтом некоторый угол α (рис. 3), то возникающая сила трения покоя будет равна горизонтальной составляющей этой силы:

$$F_{тр.п} = F\cos\alpha.$$

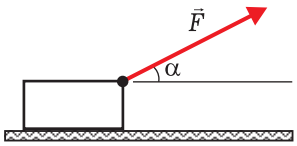


Рис. 3

Опыт 2. Располагая на поверхности бруска один (рис. 4), два, а затем три грузика, повторяете первый опыт. Результаты этих экспериментов показывают, что сила трения покоя изменяется от нуля до максимального значения, а *максимальная сила трения покоя пропорциональна силе нормального давления* N.

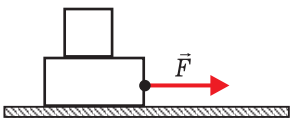


Рис. 4

Опыт 3. Помещая брусок на различные шероховатые поверхности, повторяете опыты 1 и 2 и убеждаетесь в том, что *максимальная сила трения покоя зависит от характера соприкасающихся поверхностей.*

Теперь можно записать выражение для определения максимальной силы трения покоя и обратить внимание учащихся на то, что оно *справедливо только для максимального значения силы трения покоя:*

$$F_{тр.п.макс} = \mu N.$$

Здесь μ – коэффициент трения. Обязательно нужно сказать о том, что сила трения покоя лежит в плоскости соприкосновения рассматриваемых тел.



Когда абсолютная величина внешней силы превысит значение $F_{тр.п.макс}$, возникнет относительное движение – проскальзывание, и здесь говорят уже о силе трения скольжения. Сила трения скольжения слабо зависит от скорости относительного движения, при малых скоростях её можно считать равной $F_{тр.п.макс}$. Тогда график зависимости силы трения от приложенной силы F в опыте 1 выглядит, как на рисунке 5.

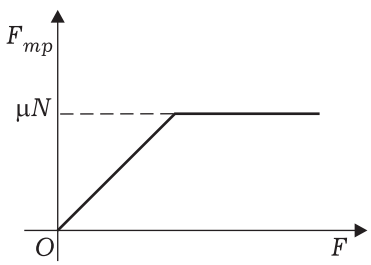


Рис. 5

Итак, *сила трения скольжения определяется выражением*

$$F_{тр} = \mu N.$$

Так же, как и сила трения покоя, сила трения скольжения лежит в плоскости соприкасающихся поверхностей.

После проделанных экспериментов полезно разобрать несложные задачи, иллюстрирующие проявление силы трения покоя и силы трения скольжения.

Задача 1. Тело массой $m = 5$ кг покоится на горизонтальной поверхности. К телу приложена сила $F = 4$ Н (рис. 6). Чему равна сила трения, если коэффициент трения между телом и поверхностью равен $\mu = 0{,}1$?

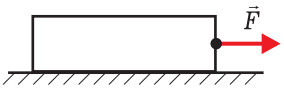


Рис. 6

Решение. Чтобы ответить на вопрос задачи, необходимо найти максимальную силу трения покоя между телом и поверхностью. Поскольку тело находится на горизонтальной поверхности, то сила нормального давления численно равна mg. Тогда максимальная сила трения покоя будет равна μmg (то есть 5 Н). Так как эта сила больше приложенной силы, то возникающая сила трения будет силой трения покоя и равна по модулю приложенной силе:

$$F_{тр} = F = 4 \text{ Н}.$$

Задача 2. Тело массой $m = 2$ кг движется прямолинейно по горизонтальной поверхности под действием силы $F = 10$ Н, составляющей с горизонтом угол $\alpha = 30^\circ$ и направленной вверх (рис. 7). Чему равна сила трения скольжения между телом и поверхностью, если коэффициент трения $\mu = 0{,}1$?

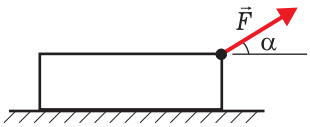


Рис. 7

Решение. Рассмотрим силы, действующие на брусок: сила тяжести $m\vec{g}$, сила нормального давления $\vec{N}$, сила трения $\vec{F}_{тр}$, приложенная сила $\vec{F}$ (рис. 8).

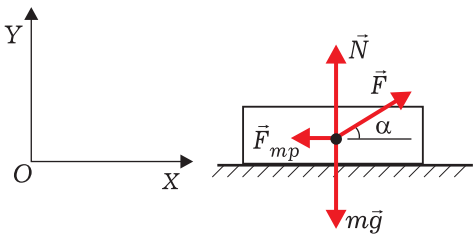


Рис. 8

В проекциях на вертикальную ось Y уравнение второго закона Ньютона будет иметь вид:

$$N + F\sin\alpha - mg = 0.$$

Отсюда

$$N = mg - F\sin\alpha.$$

Сила трения скольжения

$$F_{тр} = \mu N = \mu(mg - F\sin\alpha) \approx 1{,}5 \text{ Н}.$$