



**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.

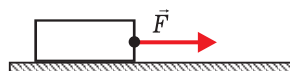


Рис. 1

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

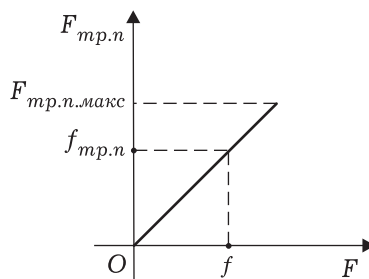


Рис. 2

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 ( $f_{тр.п.} = f$ ), если эта сила параллельна поверхности соприкосновения рассматриваемых тел, а тела расположены на горизонтальной поверхности.

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

$$F_{тр.п.} = F \cos \alpha.$$

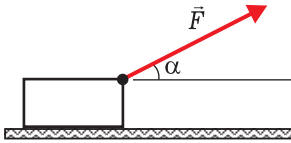


Рис. 3

**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  $N$ .*

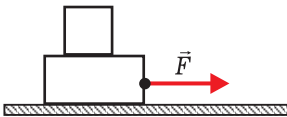


Рис. 4

**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  $\mu$  – 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.

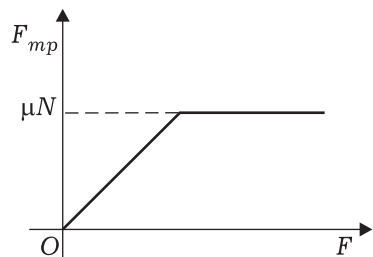


Рис. 5



Итак, сила трения скольжения определяется выражением

$$F_{mp} = \mu N.$$

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

После проделанных экспериментов полезно разобрать несложные задачи, иллюстрирующие проявление сил трения покоя и сил 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  $\mu mg$  (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:

$$F_{mp} = F = 4 \text{ Н.}$$

**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  $\mu = 0,1$ ?

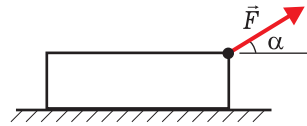


Рис. 7

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

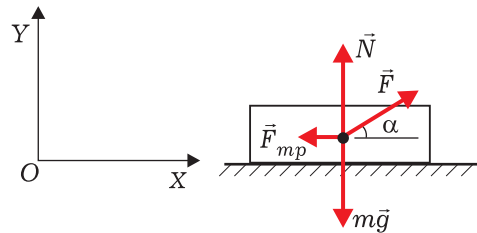


Рис. 8

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

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