

ТРИ, ТРИ, ТРИ, да ТРИ...

Земля замедляет своё вращение. А ведь предупреждали же: не шаркайте ногами, когда ходите!

– Три, три, три, да три... Что будет?

– Двенадцать!

– А на самом деле – дырка! И всё из-за силы трения по причине μN ¹.

По Стивену Хокингу «каждая формула в книге уменьшает количество читателей в два раза», но, несмотря на предупреждение, мы собираемся поиграть с ней.

Начинаем с гвоздей. У нас их двенадцать. Один укреплен вертикально.

– Как на нём уравновесить остальные?

Загадка мудрёная, но метод проб и ошибок (не без подсказок) помогает найти элегантное решение. Построено без единого гвоздя!

Трение – знакомое и загадочное. Оно может быть полезным и вредным – это человек освоил ещё на заре цивилизации. Ведь два самых главных изобретения – колесо и добывание огня – связаны именно со стремлением уменьшить и увеличить эффект трения.



На столе – две «книжки» большого формата с надписями на обложках «Теория» и «Практика», в каждой по пятнадцать листов из линолеума. Вот и используем их для проверки, хорошо ли знакомы присутствующие с трением и его проявлениями.

Книги соединяются, путём чередования их страниц. Переплетение двух листов происходит только после того, как называется «полезный» или «вредный» пример проявления силы трения.



Вызов принимается...

Начинаем с пословиц и поговорок, подтверждающих суть μN :

- Все перемелется, мука будет.
- Сухая ложка рот дерёт.
- Не подмажешь – не поедешь.
- Кататься как сыр в масле.
- Как корова на льду.

¹ Здесь μ – коэффициент трения, зависящий от видов соприкасающихся поверхностей (их «шероховатости»), а N – сила, прижимающая одно тело к другому.

- Коси коса, пока роса; роса долой и мы домой.
- Баба с возу – кобыле легче.
- Задумал муравей гору сдвинуть.

Продолжаем личными наблюдениями:

- Что кругло – легко катится.
- От работы пила, раскалилась добела.

Заканчиваем парадоксальными историями:

- Полиция уже два года не может поймать за руку директора вазелинового завода.
- Охлаждение отношений между людьми, как следствие трения между ними.
- Часы могут остановиться, время – никогда.

В результате «собеседования» имеем соединение шершавых книжных листов, давящих друг на друга. Теперь задача – потянуть с двух сторон и расцепить книги. Это кажется простым, но ничего не выходит. В школьные годы на уроках кое-кто от скуки и озорства проделывал подобное со своими тетрадами. Сейчас же, убеждаясь в единстве «теории» и «практики», мы пытаемся обратить забаву на пользу науке. Силы тяги проигрывают силам трения покоя. $F_{mp} = \mu N!$

Пробуем уменьшить эту силу. От использования смазки ($\downarrow \mu$) отказываемся, решаем ослабить прижимающую силу ($\downarrow N$). Подкидываем книги в горизонтальном положении и одновременно тянем за корешки. На непродолжительное время полёта, книги (и их страницы) становятся невесомыми, и происходит разъединение. Практика подтверждает теорию.

Усиливаем эффект сцепления, используя многостраничные журналы ².



Креплению ³ – особое внимание: корешки журналов зажаты металлическими пластинами, стянутыми болтами.

Двое крепких ребят удерживают в горизонтальном положении гриф (металлическую трубу), на который подвешиваются сцепленные журналы, а на них – небольшая прямоугольная платформа. На неё устанавливают пудовую гирию и отрывают от пола. Сцепка выдерживает вес.

Затем на роль отягощения приглашается юноша массой 50-60кг ⁴. Проводится предстартовая подготовка: он надевает каску (исключительно для колорита) и ложится на платформу (пупком на крестик для соблюдения равновесия при подъёме). Свидетели про-

² Журналы по 150 листов, вложенных друг в друга на 15см; обложки зафиксированы кусочками скотча.

³ К одной паре пластин крепятся кольца из цепи, к другой – карабины с верёвочным подвесом.

⁴ Указанная масса определяется не критическим значением возникающей силы трения покоя, а физической возможностью поднимающих. В одной телепередаче («MythBusters») как-то предпринимались попытки разъединить толстые телефонные справочники с помощью большого количества людей и даже машин.

исходящего выстукивают барабанную дробь... Напрягаются мышцы и... Сила трения пола приподнимает юношу над полом.



- Вот это да! – нет слов, одни аплодисменты.
- А продолжение будет? – звучит законный вопрос.
- Конечно! Но с углублением в тему.

На столе размещается стопка из десяти одинаковых книг.

– Сообразите, что легче: сдвинуть пять верхних или вытянуть из стопки четвертую сверху книгу?..

Показания динамометра подтверждают истину, рождённую в споре.

Затем на стол устанавливается деревянная «башня» – прямоугольный параллелепипед. К её боковой поверхности прикладывается постепенно возрастающая горизонтальная сила. При давлении пальцем (или палочкой) снизу – башня скользит по столу. Если – сверху, то опрокидывается.



Вызов знатокам науки: собственноручно проделать подобные опыты и без всяческих приборов оценить коэффициент трения скольжения башни по столу.

Здесь мы предлагаем нашим читателям сделать остановку и задуматься над причинами и условиями опрокидывания башни. Мы же тем временем экспериментально определим минимальную высоту приложения силы, при которой это происходит.

Задумались!...

Переворот осуществляется, всякий раз, когда палец упирается выше определённого уровня. Критическая высота (a) найдена. Измерительных приборов нет, поэтому выражаем её в квадратах. Если известна ещё и ширина башни (b), то этих данных достаточно для того, чтобы оценить коэффициент.

Прикладываем незначительную силу на найденной высоте (a). Между столом и основанием башни возникает сила трения покоя, толкающая её обратно. Она компенсирует наше усилие, скольжения нет. Дальше – больше: с увеличением нажима сила трения покоя возрастает, но она никогда не превышает μN . (Подумайте над этим!) До достижения предельной величины силы – башня находится в покое. При достижении – выходит из равновесия.

Рассматриваем расстановку сил в момент переворота, и записываем уравнение их моментов. Извини, Хокинг!

$$\sum M = 0.$$

$$\text{Относительно т. } A: Fa - F_m b/2 = 0. \quad (1)$$

$$F = \mu N. \quad (2)$$

$$F_m = Mg. \quad (3)$$

$$N = Mg. \quad (4)$$

$$(2), (3), (4) \rightarrow (1): \mu = b/2a.$$

Интересно, что результат ⁵ не зависит от массы (M) башни.

Мы проверяем формулу на «разумность», заставляя опрокидываться башню на резиновом коврике. Высота (a) уменьшается, а коэффициент трения увеличивается.

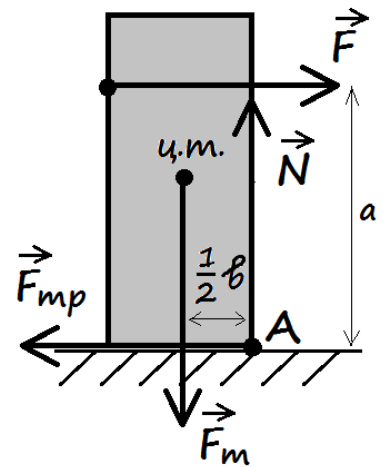
Один малыш – участник нашей истории, чистосердечно признаётся: «Я ещё не знаком с физикой, но кажется, понял, для чего нужны формулы!»

Прощаемся.

– А над чем подумать на досуге?

– Насыпьте на лист бумаги горку поваренной соли. Она образует конус. Измерьте высоту конуса, аккуратно вставив в его вершину спичку, и радиус окружности основания конуса, очертив его на бумаге. Коэффициент трения песчинки о песчинку равен отношению высоты конуса к радиусу основания ($\mu = \operatorname{tg} \alpha = h/R$) и от размеров насыпной горки не зависит. (Задумайтесь о причине!) Предлагаем вам убедиться в этом на опыте.

До новых встреч, единомышленники!



03.01.18

⁵ Для случая, изображённого на фото (если принять высоту за критическую): $\mu = 5/(2 \times 14) \approx 0,2$.