



Math-Net.Ru

Общероссийский математический портал

Е. Елифанов, Еще одна деталь,
Квант, 2013, номер 1, 1

<https://www.mathnet.ru/kvant1898>

Использование Общероссийского математического портала Math-Net.Ru подразумевает, что вы прочитали и согласны с пользовательским соглашением
<https://www.mathnet.ru/rus/agreement>

Параметры загрузки:

IP: 18.97.9.175

19 мая 2025 г., 08:55:18



ЕЩЕ ОДНА ДЕТАЛЬ



Перед вами еще одна головоломка с XXXII Съезда любителей головоломок, который прошел в августе 2012 года в Вашингтоне. В квадратной рамке довольно плотно уложены 16 деревянных брусочков разнообразной формы. Конечно, между ними есть небольшие зазоры, но кажется, что еще одна деталь – даже очень маленький кубик – точно не влезет. Тем не менее, брусочки можно переложить так, что и кубик поместится в рамке. Автор головоломки Том Лок предлагает вам придумать, как это сделать.

(Продолжение – на странице 31 внутри журнала)

сил равна

$$F = (p_0 - p_{\text{нас}}) \frac{\pi D^2}{4} \approx 30,5 \text{ Н}.$$

С.Варламов

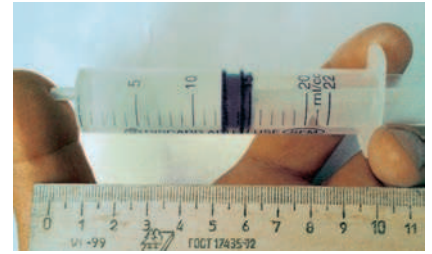
Ф2282. На горизонтальный стол, покрытый сукном, поставили игральный кубик массой 3,5 г и длиной ребра 18,5 мм. Маленький узелок на ткани, находящийся возле середины ребра кубика, не дает кубику скользить в направлении, перпендикулярном этому ребру. Оцените минимальную скорость ветра, дующего над столом и обдувающего кубик, при которой он опрокинется через узелок и покатится по столу.

Под кубиком между ворсинками сукна воздух движется с весьма малой скоростью в сравнении со скоростью ветра и, соответственно, со скоростью над верхней гранью кубика. И перед кубиком практически остановившийся воздух тоже имеет малую скорость. А вот за кубиком воздух движется быстро и турбулентно. В результате условия для опрокидывания кубика создают два главных фактора. Первый фактор – это так называемое лобовое сопротивление, или сопротивление среды, пропорциональное динамическому давлению среды $\rho v^2/2$ и площади поперечного сечения движущегося в среде предмета – для кубика это a^2 :

$$F = k \frac{\rho v^2}{2} a^2 = k \frac{\rho (va)^2}{2}.$$

Форма кубика не обтекаемая, поэтому численный коэффициент k в выражении для силы сопротивления равен примерно единице. Второй фактор – это так называемая подъемная сила, появляющаяся потому, что над верхней поверхностью кубика воздух движется быстро, практически со скоростью ветра, а под нижней поверхностью воздух не движется вовсе. В результате, в соответствии с законом Бернулли, статическое давле-

ние воздуха вблизи нижней поверхности кубика оказывается больше, и разность давлений создает эту самую подъемную силу. Выражение для подъемной силы



выглядит точно так же, как и выражение для силы лобового сопротивления, и с таким же численным коэффициентом. Кроме того, на кубик действуют еще две силы – сила тяжести и сила реакции стола. Пока кубик не движется, сумма всех сил, действующих на него, равна нулю и равен нулю суммарный момент всех сил относительно любой оси вращения. Когда скорость ветра достигает предельной величины, место приложения силы реакции стола становится определенным – это ребро кубика, упирающееся в узелок на ткани. Момент силы реакции стола относительно ребра кубика, вокруг которого он будет проворачиваться, равен нулю. Относительно этой же оси плечи остальных сил – тяжести, подъемной и лобового сопротивления – одинаковы и равны $a/2$. Сила тяжести стремится повернуть кубик в одном направлении, а две другие силы – в противоположном. Критическое положение, когда кубик вот-вот опрокинется, соответствует соотношению

$$Mg = 2 \frac{\rho (va)^2}{2}.$$

Отсюда и находим скорость ветра (плотность воздуха полагаем равной $\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$):

$$v = \frac{1}{a} \sqrt{\frac{Mg}{\rho}} \approx 9 \text{ м/с}.$$

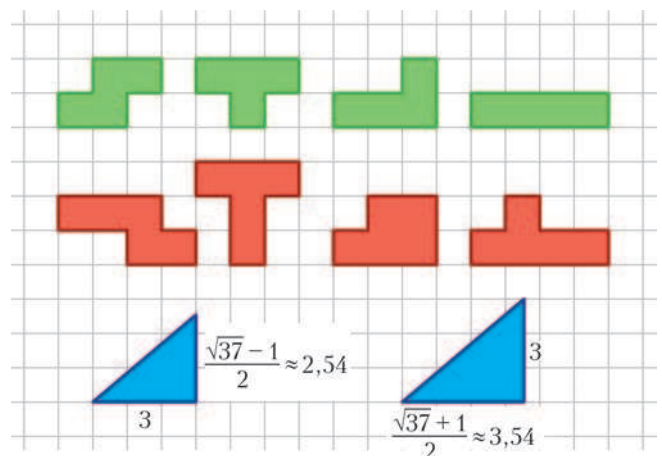
А.Ветров

КОЛЛЕКЦИЯ ГОЛОВЛОМОК

Еще одна деталь

(Начало см. на 2-й странице обложки)

Делать головоломку из дерева или фанеры вовсе не обязательно. Можно использовать картон или плотную бумагу – тогда получится «плоская» версия. Скорее всего, выйдет не так красиво и долговечно, но зато вы гораздо быстрее сможете решить головоломку. Обратите внимание, что в наборе деталей кроме кубика есть четыре тетрамино, четыре пентамино и по четыре прямоугольных треугольника двух типов (см. рисунок). Катеты меньшего треугольника равны $\frac{\sqrt{37}-1}{2} \approx 2,54$ и 3, катеты большего равны 3 и $\frac{\sqrt{37}+1}{2} \approx 3,54$. За единицу принята сторона кубика, для которого нужно найти место в рамке. Сторона самой рамки равна сумме гипотенуз треугольников, т.е. $\sqrt{37} + 6\sqrt{37} \approx 8,57$.



Надеемся, что эта головоломка вам понравится!

Е.Епифанов