Math-Net.Ru

Общероссийский математический портал

С. Дворянинов, Таинственная шкала, или Небольшое расследование, *Квант*, 2021, номер 8, 22–24

DOI: <https://doi.org/10.4213/kvant20210803>

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

Параметры загрузки:

IP: 54.237.206.68

26 апреля 2023 г., 08:32:20

Таинственная шкала, или Небольшое расследование

С.ДВОРЯНИНОВ

СКАЖИТЕ, ВЫ ДАВНО ЗАГЛЯДЫВАЛИ на чердак вашего дома? А ведь чердак – это место, где начинаются приключения многих литературных героев. Вспомним строки из повести А.Гайдара «Тимур и его команда»: «Женя обошла сарай... Она подтащила к окну тухлявую лестницу и, взобравшись по ней, спрыгнула на пол чердака. Очень странно! Этот чердак был обитаем. На стене висели мотки веревок, фонарь, два скрещенных сигнальных флага и карта поселка, вся исчерченная непонятными знаками... Возле дырявой замшелой крыши торчало большое, похожее на штурвальное, колесо. Над колесом висел самодельный телефон».

Мальчик Лешка, главный герой книги С.Алексеева «Сын великана», попадает на чердак в самом начале повести: «Когда Лешка толкнул чердачную дверь, та не поддавалась. Дверь оказалась запертой».

Порой старую вещь не хочется выбрасывать – вдруг еще пригодится? И оказывается она на чердаке или в дальнем углу кладовой либо сарая. И даже хозяин потом забывает, где и что лежит. А чердак превращается в музей антиквариата.

Вот и автору недавно попалась на глаза старая вещичка (рис.1). Ясно, что это безмен – пружинные весы. Как утверждает Википедия, это слово заимствовано из тюркских языков, где *везне* имеет значение «весы». Тюркское *везне* получило звучание «безмен» под влиянием народной этимологии: в народном сознании оно осмысливалось как *безмены* – «без изме-

Рис. 1

нения». В механике такой измерительный прибор называется *динамометром*.

Обратим внимание на две шкалы безмена. Выясним, как связаны соответствующие им единицы массы. Справа – масса в килограммах, для левой шкалы единицу массы назовем фунтом. Вначале может показаться, что

$$2 \text{ фунта} = 1 \text{ кг}, 1 \text{ фунт} = 0,5 \text{ кг}.$$

По мере движения вниз по шкале это соотношение меняется:

$$6 \text{ фунтов} \approx 3,25 \text{ кг}, 1 \text{ фунт} \approx 0,542 \text{ кг},$$

$$7 \text{ фунтов} \approx 3,75 \text{ кг}, 1 \text{ фунт} \approx 0,536 \text{ кг},$$

$$10 \text{ фунтов} \approx 5,5 \text{ кг}, 1 \text{ фунт} \approx 0,550 \text{ кг},$$

$$12 \text{ фунтов} \approx 6,5 \text{ кг}, 1 \text{ фунт} \approx 0,542 \text{ кг},$$

$$13 \text{ фунтов} \approx 7 \text{ кг}, 1 \text{ фунт} \approx 0,538 \text{ кг},$$

18 фунтов $\approx 9,75$ кг, 1 фунт $\approx 0,542$ кг,

21 фунт $\approx 11,5$ кг, 1 фунт $\approx 0,548$ кг,

22 фунта $\approx 12,25$ кг, 1 фунт $\approx 0,557$ кг.

Так сколько же килограммов в одном фунте? Какой это фунт?

Снова из интернета узнаем, что Krups – немецкая торговая марка, под которой сейчас производятся, например, кофеварки и кофемашины, а также различная малая бытовая техника. С 2001 года входит во французский консорциум Groupe SEB. А появилась фирма Krups в 1846 году в Германии, в баварском городе Вальд, где Роберт Крупс на основе кузницы создал промышленное предприятие по изготовлению пружинных весов. Но надписи на безмене – на английском языке. Vienna – так по-английски пишется название австрийской столицы. Википедия говорит, что австрийский фунт равен $0,56001$ кг (он использовался также в Баварии). Обратим внимание на то, что из найденных нами отношений ближе всего к истинному значение $0,557$. Мы его установили, в максимальной степени используя обе шкалы. И неслучайно. Связано это с абсолютной и относительной погрешностями измерений.

Пусть есть некоторая рациональная величина $V = \frac{m}{n}$. Конечно, можно записать

$$V = \frac{m}{n} = \frac{2m}{2n} = \frac{3m}{3n} = \dots = \frac{km}{kn}$$

при любом натуральном k . Пусть числитель и знаменатель последней дроби мы знаем с точностью до ± 1 . Тогда мы имеем такое приближенное значение нашей величины: $V \approx \frac{km \pm 1}{kn \pm 1}$. Рассмотрим разницу между этим приближенным и точным значением:

$$\Delta = \left| \frac{km \pm 1}{kn \pm 1} - \frac{m}{n} \right| = \left| \frac{\pm n \mp m}{(kn \pm 1)n} \right|.$$

Ясно, что эта разница становится сколь угодно малой с ростом k . Приходят на память слова поэта:

*Лицом к лицу
Лица не увидеть.
Большое видится на расстоянии.*

Так и нам для достижения большей точности следует пройти как можно больше по шкале вниз.

Есть и механический аналог этого обстоятельства. Пусть на стене надо двумя гвоздями горизонтально закрепить метровую деревянную рейку. Рассмотрим три варианта расстояний гвоздей от одного из ее концов: 10 см и 90 см; 45 см и 55 см; 1 см и 99 см. Оказывается, предпочтительнее первый вариант. Во втором случае рейка будет «крутиться» (предельный случай – закрепление рейки одним гвоздем). В третьем случае рейка может треснуть.

Обычно в повседневной жизни мы используем одну систему единиц и соответственно одну шкалу. Так, сейчас на термометре за окном у нас используется шкала Цельсия, а раньше можно было встретить термометры со шкалой Фаренгейта. В России фирма HUGHES выпускала весы со шкалой в фунтах.

А сейчас вспомним, когда две разные шкалы оказываются полезнее одной. Вообразим, что на обычной клетчатой бумаге из школьной тетради нарисованы две линейки – черная и красная (рис. 2). На какой из них цена деления равна 1 см? Ясно, что на черной линейке, ибо в школьной тетрадке длина стороны квадратной клетки равна 5 мм. А цена деления на красной линейке равна 0,9 см. Можно сказать, что черная линейка настоящая и служит для измерения длин отрезков в сантиметрах. А красная линейка – фальшивая. Ею тоже можно измерять длину, то при этом помнить, что единица на ней – это 9 мм.

Рис. 2

Теперь предположим, что мы измеряем длину L зеленого отрезка черной линейкой. Ясно, что L – число не целое, чуть меньшее 5, то ли 4,8, то ли 4,9... Какому значению отдать предпочтение? Черная линейка ничего об этом сказать не может. Но давайте продолжим зеленый отрезок красной шкалой и посмотрим, какие риски на двух линейках совпадают. Да, совпадение имеется, и зеленому отрезку соответствует такое равенство: $L + 9 \cdot 0,9 \text{ см} = 13 \text{ см}$, откуда находим $L = 4,9 \text{ см}$.

Получается, что комбинация двух линеек с разными шкалами позволяет измерять длины с точностью до 0,1 см. Красная шкала играет при этом вспомогательную роль. Ее научное название – шкала Нониуса или просто нониус. Нониус устанавливают на измерительных инструментах и приборах и используют для более точного нахождения количества долей деления основной шкалы.

Принцип нониуса впервые применил в своем инструменте для наблюдения за звездами средневековый персидский ученый, философ и врач Абу Али Хусейн ибн

Рис. 3

Абдуллах ибн аль-Хасан ибн Али ибн Сина (980–1037). В Европе он известен под именем Авиценна. Название «нониус» дано в честь португальского математика Педру Нуниша (1502–1578). Скульптура Педру Нунеша на памятнике первооткрывателям в Лиссабоне изображена на рисунке 3. Наиболее известен его вклад в навигацию, которая бурно развивалась в

Португалии – одной из крупнейших морских держав XV–XVI веков. Он также изобрел несколько измерительных приборов. В частности, создал нониус, чтобы улучшить точность измерений.

Современная конструкция шкалы с нониусом была предложена в 1631 году французским математиком Пьером Вернье (1580–1637), в честь которого ее называют также «верньер». В наше время верньером называют приспособление для точной настройки радиоаппаратуры. Сейчас нашим юным читателям не приходится крутить ручку настройки, чтобы поймать нужную радиоволну. Для этого достаточно нажать соответствующую кнопку. Но чтобы можно было ощутить чувство радости от достижения цели, рассмотрим простую задачу.

На горизонтальном столе лежит круглый карандаш. Поверх него требуется расположить линейку так, чтобы она находилась в равновесии и чтобы ее концы не касались стола (рис.4). Какой эффектив-

Рис. 4

ный способ позволит это делать быстрее всего? Оказывается, чтобы добиться равновесия, надо совместить середину линейки с карандашом, а затем очень медленно катить карандаш по столу в сторону того конца линейки, который не касается стола, – сила трения будет надвигать линейку на карандаш. При этом малое перемещение карандаша (т.е. его малое вращение) удастся осуществить намного легче, чем малое перемещение линейки по неподвижному карандашу!