№ 4 | апрель 2020
Издаётся Московским Центром непрерывного математического образования
e-mail: kvantik@mccme.ru

ЖУРНАЛ

КВАНТИК

ДЛЯ ЛЮБОЗНАТЕЛЬНЫХ

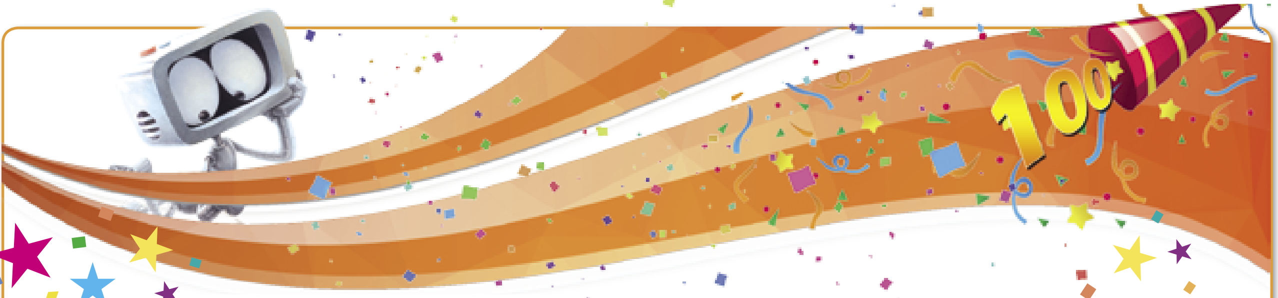
№ 4
апрель 2020

ПОДЪЁМНАЯ СИЛА КРЫЛА

МНОГОГРАННИК ИЗ СЕМИУГОЛЬНИКОВ?

ДЕРЕВЬЯ И ИХ ИЗМЕРЕНИЯ

Enter



«КВАНТИК» ПРАЗДНУЕТ ЮБИЛЕЙ!
Этот номер журнала – 100-й по счёту!

Поздравляем всех-всех-всех – кто писал статьи и сочинял задачи, рисовал картинки и чертежи, готовил номера к печати...

И самое главное – поздравляем наших читателей, ради которых всё это затевалось и делалось!

Оставайтесь с нами, а ещё лучше – присоединяйтесь к команде «Квантика»: присылайте свои задачи и вопросы, рассказывайте о своих наблюдениях и опытах, сообщайте об опечатках и неточностях, пишите о том, что понравилось, а что нет, о чём ещё вы хотите прочитать в журнале.

Мы рады вместе с вами узнавать всё больше нового и интересного об окружающем мире.

www.kvantik.com
kvantik@mccme.ru
instagram.com/kvantik12
kvantik12.livejournal.com
facebook.com/kvantik12
vk.com/kvantik12
twitter.com/kvantik_journal
ok.ru/kvantik12

Журнал «Квантик» № 4, апрель 2020 г.
Издаётся с января 2012 года
Выходит 1 раз в месяц
Свидетельство о регистрации СМИ:
ПИ № ФС77-44928 от 04 мая 2011 г.
выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).
Главный редактор: С.А. Дориченко
Редакция: В.Г. Асташкина, Е.Н. Козакова, Е.А. Котко, Р.В. Крутовский, И.А. Маховая, Г.А. Мерзон, А.Ю. Перепечко, М.В. Прасолов
Художественный редактор и главный художник: Yustas
Вёрстка: Р.К. Шагеева, И.Х. Гумерова
Обложка: художник Евгений Паненко

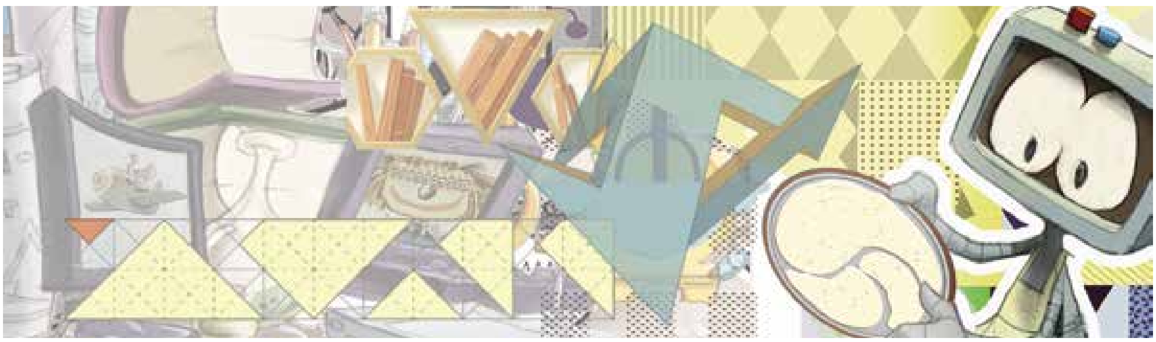
Учредитель и издатель:
Частное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования «Московский Центр непрерывного математического образования»
Адрес редакции и издателя: 119002, г. Москва, Большой Власьевский пер., д. 11
Тел.: (499) 795-11-05, e-mail: kvantik@mccme.ru, сайт: www.kvantik.com
Подписка на журнал в отделениях связи Почты России:
- Каталог «Газеты. Журналы» агентства «Роспечать» (индексы **84252** и **80478**)
- Объединённый каталог «Пресса России» (индексы **11346** и **11348**)

Онлайн-подписка
на сайте агентства «Роспечать» **press.rosp.ru**

По вопросам оптовых и розничных продаж обращаться по телефону **(495) 745-80-31** и e-mail: **biblio@mccme.ru**
Формат 84х108/16
Тираж: 5000 экз.
Подписано в печать: 10.03.2020
Отпечатано в типографии ООО «ТДДС-Столица-8»
Тел.: (495)363-48-84
http://capitalpress.ru
Заказ №
Цена свободная
ISSN 2227-7986

6+
EAC

СОДЕРЖАНИЕ



Математический кружок

Сергей Дориченко

Об укладке блинов, котлет и апельсинов

Сегодня Квантик решил серьёзно попрактиковаться в готовке. Сам он обычную пищу не ел, но друзей любил порадовать чем-нибудь вкусненьким.

– Начнём с блинов, – решил Квантик.

С тестом проблем не возникло, но первый же блин так причудливо растёкся по сковороде, что явно налез бы на другие блины после переворачивания (рис. 1).

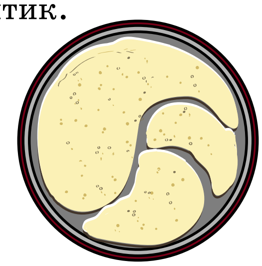


Рис. 1

– Интересно, а поместятся ли блины, если я переверну их все?

Квантик любил сначала всё продумать, а потом уже делать. Зачем пытаться укладывать перевёрнутые блины, если они, может, и не влезут? Сначала надо доказать теорему! Но запах подгорающего теста заставил Квантика действовать: он схватил такую же, но холодную сковороду и ловко опрокинул туда все блины, чтобы пока спокойно подумать. Чуть прилипшие блины перевернулись в воздухе целиком вместе с горячей сковородой, но тут же отлипли и аккуратно упали на холодную – румяной стороной кверху.

– Кажется, это было доказательство, – осенило Квантика. – Интересно, а если бы моя сковорода была треугольной? Для равностороннего треугольника всё бы сработало, а вот для любого... пожалуй, не всегда. (А вы поняли, почему?)

Следующий блин Квантик сделал «математическим», в виде прямоугольника. Переворачивая его на другую сторону, Квантик немного не рассчитал, и прямоугольник завернулся, да так, что даже вылез за пределы сковороды (рис. 2).

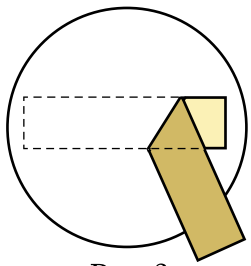


Рис. 2

– Надо его хотя бы сдвинуть целиком на сковороду. Ой, а вдруг не влезет?

Времени на доказательство не было, и мысли в голове Квантика сменялись с бешеной скоростью.

– И зачем мне понадобился блин именно в форме прямоугольника? А для другой формы понятнее, что ли, поместится ли загнутый блин? Может, это вообще от формы блина не зависит… Ну если не зависит, то любой, даже самый большой блин должен поместиться, если его загнуть. Стоп, самый большой блин – это же… вся сковорода! Но для неё ответ очевиден!

Квантик от неожиданности резко вдвинул блин на сковороду и погасил огонь.

– Ну конечно. Если загнуть по прямой блин размером со сковороду, меньшая часть целиком окажется внутри (под или над) большей, и загнутый блин точно влезет на сковороду! А если взять блин поменьше, он влезет после загиба и подавно (рис. 3).

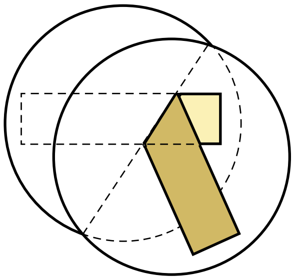


Рис. 3

Квантик решил, что хватит с него на сегодня блинов. Лучше сделать что-нибудь простое и понятное – вот, например, котлеты. Причём круглые и абсолютно одинакового размера.

Приготовив фарш, Квантик быстро налепил котлет и стал как попало выкладывать их на разогретую сковороду. После шестой котлеты он обнаружил на столе оставшуюся седьмую, места для которой с виду уже не было. Квантик быстро сдвинул котлеты вплотную друг к другу и втиснул седьмую на край – получилось «тютелька в тютельку» (рис. 4).

Рис. 4

– Повезло? Или если 6 влезло, то и 7 влезет? – задумался Квантик. Пока котлеты жарились с одной стороны, он аккуратно сформулировал гипотезу.

КОТЛЕТНАЯ ТЕОРЕМА. *Пусть на круглой сковороде удалось поместить 6 одинаковых круглых котлет. Тогда на эту сковороду поместится и добавочная седьмая такая же котлета* (*возможно, для этого придётся передвинуть предыдущие*).

– Вроде бы ясно, что расположение в виде «ромашки», когда одна котлета в центре, а остальные вокруг, самое выгодное. Но как это доказать? Если одна котлета лежит точно по центру и есть место ещё хоть для одной, то остальные шесть влезут – просто подряд по кругу. А если никакая котлета не лежит строго по центру? Никаких идей…

Квантик перевернул котлеты, думая дальше.

– Зайдём с другой стороны: какая сковорода нужна для 7 котлет? Радиус котлеты, скажем, 1. Тогда для «котлетной ромашки» хватит сковороды с радиусом 3. Идея! Докажем, что если 6 котлет поместилось, то радиус сковороды не меньше 3.

Квантик убавил газ и накрыл котлеты крышкой.

– И что дальше? Надо как-то использовать, что котлеты не накладываются друг на друга. Ага, это значит, что расстояние между любыми двумя центрами котлет не меньше 2. А ещё котлеты не вылезают за пределы сковороды – то есть расстояние от её края до центра любой котлеты не меньше 1. Иными словами, центры котлет лежат в круге радиуса на 1 меньше, чем у сковороды. Переформулируем-ка задачу:

ТОЧКИ В КРУГЕ. *В круге лежат 6 точек, расстояния между любыми двумя из них не меньше 2. Тогда и радиус круга не меньше 2.*

– Попробовать от противного? – размышлял Квантик. – Пусть радиус круга меньше 2. Случай, когда какая-то точка в центре круга, разобран. А если все точки не в центре, а где-то вокруг? Соединю-ка их с центром.

Квантик погасил огонь, взял бумажку и карандаши и провёл из центра круга шесть зелёных отрезков. Потом подумал немного и соединил «соседние» точки красными отрезками (рис. 5). Получилось 6 треугольников.

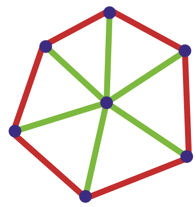


Рис. 5

– Все зелёные отрезки короче 2. А все красные – не меньше 2. Тогда в каждом из шести треугольников красная сторона – самая длинная. А это значит…

Квантик чувствовал, что решение где-то совсем рядом. И тут он вспомнил, что в треугольнике против большего угла лежит бо́льшая сторона.

– …это значит, что в каждом треугольнике угол против красной стороны строго самый больший. Тогда он по величине больше трети от суммы углов – от 180° – то есть больше 60°. Стоп-стоп-стоп! Шесть углов по кругу – и каждый больше 60°? Выходит, их сумма больше 360° – больше полного оборота! Противоречие!!!

Квантик, решив задачу, никогда не мог сразу остановиться. Вот и сейчас он ещё какое-то время размышлял над последним шагом решения.

– А если бы радиус круга равнялся 2? Тогда красная сторона в каждом треугольнике снова самая длинная, но уже не строго – она может и равняться зелёным. Значит, угол против неё не меньше 60°. А раз сумма шести таких углов равна 360°, все они по 60°. То есть точки лежат на границе круга в вершинах правильного шестиугольника!

Квантик сформулировал доказанный факт:

ВТОРАЯ КОТЛЕТНАЯ ТЕОРЕМА. *Если на сковороде радиуса 3 лежат 6 котлет радиуса 1, возможны два случая. Первый: одна котлета лежит точно по центру, а остальные – по краям, касаясь центральной. Второй: 6 котлет лежат «ромашкой» с пустым центральным местом.*

После всех этих котлетных теорем надо было передохнуть, и Квантик решил потренироваться в украшении стола. Он поставил на стол блюдо для фруктов – разумеется, математическое, в форме равностороннего треугольника – и стал выкладывать на него апельсины: тоже математические, то есть абсолютно круглые и одинаковые. Апельсинов было 9, и на блюде осталось место ещё ровно для одного, которого, увы, не было (рис. 6).

Рис. 6

– Некрасиво, – подумал Квантик. – Переложу-ка по-другому, чтобы нехватка не бросалась в глаза.

Квантик долго укладывал апельсины в один слой и так, и эдак, и наконец пришёл к тому, что верна

АПЕЛЬСИННАЯ ТЕОРЕМА. *Если блюдо в виде равностороннего треугольника рассчитано ровно на 10 апельсинов* (*в один слой, вплотную друг к другу и краям*)*, то, как туда ни клади 9 апельсинов* (*в один слой*)*, обязательно останется место и для десятого, даже если не сдвигать остальные.*

– Вот тебе и отдых, – вздохнул Квантик. – Как подступиться к доказательству – совершенно неясно. Когда на блюде 10 апельсинов, они – вернее, их центры – образуют красивую треугольную решётку. Но почему и 9 никак по-другому не положишь –

только в виде решётки с одним пропуском? Нарисую-ка эту решётку. Радиус апельсина возьму за 1.

Квантик изобразил апельсины кругами на плоскости – задача ведь фактически сводилась к этому плоскому варианту. У него получился большой треугольник, разделённый на меньшие, а блюдо и апельсины Квантик нарисовал пунктиром (рис. 7).

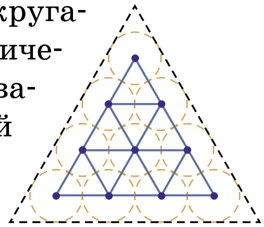


Рис. 7

– Центры апельсинов отстоят от края блюда хотя бы на 1 и поэтому лежат в пределах треугольной решётки. Стороны маленьких треугольников равны 2. Тогда для центров такая задача получается:

Треугольник со стороной 6 разбит на маленькие треугольники со стороной 2 (*рис. 7*). *В нём лежат 9 точек, расстояния между любыми двумя точками не меньше 2. Доказать, что все точки лежат в вершинах маленьких треугольников* (*в узлах решётки*).

– Что-то тут напоминает котлетную теорему... Ага, если откинуть три угла, остаётся шестиугольник – та же «ромашка»! Нарисую-ка его красным цветом (рис. 8). Можно даже вокруг него невидимый круг описать радиуса 2. Но дальше-то что? У нас же теперь 9 точек, а не 6. Стоп! А что если 6 точек из 9 попадают в красный шестиугольник? Вторая котлетная теорема! Ведь 6 точек лежат тогда в невидимом круге, а значит, либо одна точка в центре и 5 – на краю круга, либо все 6 точек на краю. Но край круга пересекается с шестиугольником только в его вершинах! Значит, если 6 точек внутри шестиугольника – они все в узлах решётки.

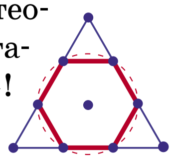


Рис. 8

Квантик перевёл дух и продолжил разбираться.

– А сколько точек может быть снаружи шестиугольника, то есть в трёх «угловых» треугольниках? Ага, в каждом максимум по три, то есть всего трижды три – девять? Нет, я неправильно считаю. Ведь если точка на красной стороне углового треугольника, то она и в шестиугольнике тоже. А мне надо понять, сколько точек могут быть строго вне шестиугольника. В каждом угловом треугольнике такая точка... одна! Значит, вне шестиугольника – максимум 3 точки, а в шестиугольнике – минимум 6. Ура!!!

Ведь тогда эти 6 (или больше) точек лежат в узлах решётки. И в каждый угловой треугольник попадёт хоть одна из них, поэтому и в угловых треугольниках точкам некуда деваться кроме узлов. Всё доказано!

Квантик захотел узнать, не встречались ли раньше подобные задачи. Полазив по интернету, он выяснил, что автор задачи про блины – А. М. Абрамов, про загнутый прямоугольник – В. В. Произволов, про апельсины – Н. П. Долбилин, который, кстати, предлагал подумать над общим случаем – когда в блюде помещается не 10, а 15 апельсинов, 21 и т.д. (в виде треугольной решётки, но с бóльшим количеством точек). Задача про котлеты оказалась глубоким фольклором – наверняка каждый математик, занимавшийся проблемой упаковки кругов в круге, её знал (а «официальное» доказательство опубликовал в 1968 году Рональд Грэхем).

А ещё Квантик нашёл задачу М. А. Евдокимова из Турнира городов, которая очень ему понравилась:

АПЕЛЬСИНЫ В КУБЕ. *В кубическую коробку поместили 3 одинаковых апельсина. Докажите, что в такую же пустую коробку можно поместить 4 таких же апельсина.*

Квантик справился с ней за пару часов и решил рассказать доказательство в журнале «Квант» – уж больно оно непростое получилось, хотя и короткое.

А нашим читателям он решил напомнить ещё несколько «кулинарных» задач, уже встречавшихся на страницах нашего журнала. Справитесь?

ПЕЧЕНЬЯ НА ПРОТИВНЕ. *На прямоугольный противень помещается 100 круглых печений. Обязательно ли на такой же противень можно уложить 400 круглых печений в два раза меньшего радиуса?*

ТОРТ С ГЛАЗУРЬЮ. *Квадратный торт облит сверху и по бокам глазурью. Разрежьте его на 5 цельных кусков, в которых поровну и торта, и глазури.*

ЛИШНИЙ АПЕЛЬСИН. *В плоской коробке в один слой вплотную лежат одинаковые круглые апельсины – 8 рядов по 5 штук в каждом (рис. 9). Удастся ли поместить в коробку ещё один такой апельсин?*

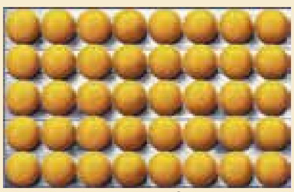


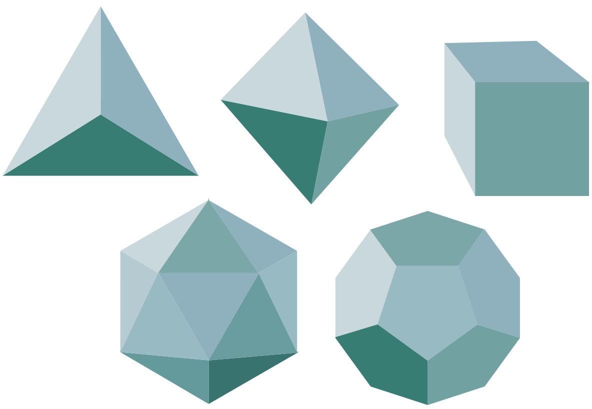
Рис. 9

Художник Мария Усеинова

Григорий Мерзон

МНОГОГРАННИК ИЗ СЕМИУГОЛЬНИКОВ?

Легко найти многогранник, все грани которого треугольники, – например, *тетраэдр* (треугольная пирамида). Всем известен многогранник, все грани которого квадраты, – *куб*. Многие знают и многогранник, все грани которого пятиугольники, – *додекаэдр*.



А бывают ли многогранники, все грани которого шестиугольники? Семиугольники?

Среди правильных многогранников таких уже нет. Более того, такие примеры невозможно найти среди *выпуклых* многогранников.

Доказывать это можно так. Если у каждой грани многогранника не менее 6 вершин, то из формулы для суммы углов n-угольника видно, что средняя величина угла грани не меньше 1/3 полного угла (120°). А с другой стороны, можно доказать, что сумма углов при каждой из вершин выпуклого многогранника строго меньше полного угла. Так как в каждой вершине сходится как минимум 3 грани, получаем, что средняя величина угла в грани должна быть меньше 1/3 полного угла. Противоречие.

Другое доказательство получается при помощи формулы Эйлера В − Р + Г = 2, связывающей количество вершин, рёбер и граней многогранника.

Но если не требовать выпуклости, то – как обнаружили совсем недавно! – такие многогранники существуют. На следующей странице изображён 12-гранник с семиугольными гранями, найденный Дэвидом Маккуи, и его развёртка.

По ссылке kvan.tk/7dode в интернете этот многогранник можно рассмотреть с разных сторон. А ещё лучше склеить модель из бумаги, пользуясь развёрткой kvan.tk/7dode-fold

Задача. Придумайте многогранник, все грани которого – шестиугольники.

Указание: вам поможет скелет куба.

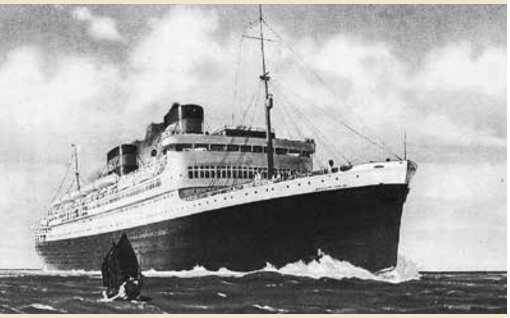
Художник Алексей Вайнер

ВУ ЦЗЯНЬСЮН

Марина Молчанова

Wu Chien-Shiung
31.05.1912–16.02.1997
Фото: из архивов Американского института физики

Одно из зданий университета в Нанкине, современный вид
Фото: airbus777, flickr.com



Океанский лайнер «Президент Гувер»

Имя этой женщины не очень известно вне учёного мира. Во-первых, заслуженная Нобелевская премия ей так и не досталась. Во-вторых, китайские имена плохо запоминаются европейцами. А зря. Ведь Ву Цзяньсюн называли «королевой ядерных исследований», «первой леди физики», «китайской Марией Кюри». Или просто «мадам Ву» – всем и так было понятно, о ком идёт речь. Ведь она была блестящим экспериментатором и автором одного из самых удивительных опытов в истории физики – он и сейчас известен как «опыт Ву».

Газета «Нью-Йорк Пост» писала: «У этой скромной женщины хватило сил на то, чтобы совершить непосильное целым армиям: она помогла разрушить то, что считалось законом природы».

ЧЕРЕЗ ОКЕАН

Ву Цзяньсюн родилась в городке неподалёку от Шанхая. Там не было школы для девочек, поэтому её отцу – инженеру – пришлось такую школу основать и возглавить. Потом Ву Цзяньсюн стала студенткой в Нанкине, где изучала математику и физику. Как положено молодым, была политической активисткой. Как одной из лучших студенток, ей сходили с рук некоторые нарушения и даже участие в сидячей забастовке. Но она понимала, что для этого надо было оставаться одной из лучших.

Потом, во время научной работы в Шанхае, ей посоветовали защищать диссертацию в США, и в 1936 году Ву отправилась в Калифорнию на корабле через Тихий океан. Плыли они с подругой – две девушки, физик и химик. Может быть, тогда Ву ещё рассчитывала, что вернётся через несколько лет. Но, попрощавшись с родителями на шанхайской пристани, она больше их не увидела. Вторая мировая война, а затем смена власти в Китае слишком долго не позволяли ей приехать домой.

В США положение Ву было непростым: женщина, которая зачем-то хочет делать карьеру в науке, к тому же приезжая из Азии. Тем не менее Ву оказалась в университете Беркли, одном из главных центров ядерной физики в мире. И успела поработать под руководством двух «звёзд первой величины»: Эрнеста Лоуренса – без пяти минут Нобелевского лауреата за создание циклотрона – и Эмилио Сегре, чья «нобелевка» за антипротон была ещё впереди, но другие открытия (два новых химических элемента и «оружейный» изотоп плутония) совершались как раз тогда.

Ву защитила диссертацию в 1940 году; через два года она вышла замуж за физика Люка Юаня. Но устроиться на исследовательскую работу для женщины-китаянки в Калифорнии было непросто, и они с мужем переехали на восточное побережье США.

Здесь в 1944 году, работая в Колумбийском университете (Нью-Йорк), Ву Цзяньсюн стала участницей Манхэттенского проекта – программы разработки ядерного оружия. В этом проекте были объединены выходцы из многих стран – Пайерлс и Бете из Германии, Фриш и Вайскопф из Австрии, Теллер и Сцилард из Венгрии, Ферми из Италии, Кистяковский из Украины... А вот китайцев, кажется, представляла только Ву, работавшая над программой обогащения урана. После войны она так и осталась работать в Колумбийском университете. Родила сына – конечно, будущего физика. Получила должность профессора. Студенты называли её «леди Дракон» – по имени бравой королевы пиратов из комиксов...

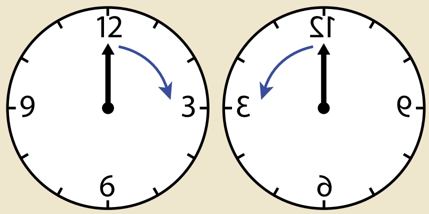
Но главное открытие было впереди.

ЗЕРКАЛО ТРЕСНУЛО

Чтобы понять это открытие, напряжём воображение. Представим себе мир, где все физические процессы те же, что и у нас, но сконструирован он как зеркальное отражение нашего мира. В 20-е годы прошлого века физики сформулировали закон сохранения чётности, согласно которому все процессы в этом новом мире будут такими же, как у нас, только правое и левое поменяются местами.

Люк Юань

Ву Цзяньсюн в молодости



Сохранение чётности

ВУ ЦЗЯНЬСЮН

Обложка книги Мартина Гарднера «Этот правый, левый мир»

В самом деле, вспомним статью «У зеркала» («Квантик», 2017, №6). Вокруг и внутри нас есть много молекул, которые несовместимы со своими зеркальными отражениями, как несовместимы в пространстве правая и левая руки (или ноги). Поэтому, попав в зазеркальный мир такими, как есть, мы не сможем там нормально жить – попытка совместить наш организм с «зеркальными» молекулами подобна попытке надеть на левую ногу правый ботинок. А вот если и молекулы внутри нас тоже обратятся в свои зеркальные отражения, то всё хорошо – правый ботинок так же легко надевается на правую ногу, как левый на левую.

Но действительно ли зазеркальный мир ничем принципиально не отличается от нашего?

Замечательный популяризатор науки Мартин Гарднер в книге «Этот правый, левый мир» сформулировал задачу, которую он назвал «проблемой Озмы». Пусть мы смогли связаться с цивилизацией (не обязательно человеческой), живущей на далёкой планете. Законы физики там, естественно, такие же. Мы можем передавать посредством радиоволн любые текстовые сообщения её жителям, но нет никаких предметов, которые и мы, и они могли бы вместе видеть. Сможем ли мы объяснить им, что такое левое и правое?

Задача кажется заманчиво простой… но простые подходы не работают.

Вот пример. В школьном курсе электричества и магнетизма есть «асимметричные» правила – такие как правило буравчика. Возьмём проводник, в котором электрический ток направлен вверх, и поместим рядом с ним компас (рис. 1). Согласно правилу буравчика «северный» конец стрелки компаса, расположенного за проводником, будет показывать *налево*, а перед проводником – *направо*. Задача решена? Нет! Потому что нет способа объяснить обитателям дальней планеты, что такое для землян «северный» и «южный» полюсы магнита!

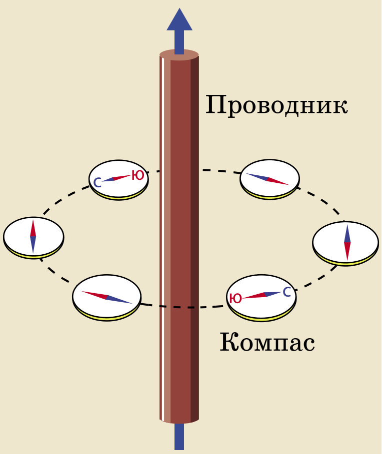


Рис. 1. Магнитное поле вокруг проводника с током

КОРОЛЕВА ЛАБОРАТОРИИ

Или, скажем, потоки воды и воздуха на Земле несимметричны из-за вращения планеты вокруг своей оси. В Северном полушарии Земли ветры в циклонах закручиваются против часовой стрелки, оставляя область низкого давления слева, а в Южном – наоборот. Но как объяснить инопланетянам про Северное и Южное полушария и про направление вращения планеты?

И всё-таки оказалось, что решение есть!

В физике известны четыре типа фундаментальных взаимодействий. Первые – гравитационные (благодаря им мы притягиваемся к Земле, а не улетаем в космическое пространство). Вторые – электромагнитные. Третьи – сильные, которые удерживают протоны и нейтроны вместе в атомном ядре. И четвёртые – слабые взаимодействия, которые, например, отвечают за процессы бета-распада (то есть распада атомного ядра с испусканием электрона).[1] И если про первые три типа взаимодействий всегда было известно, что они будут одинаковы в нашем и зеркальном мире, то со слабыми взаимодействиями ещё к середине XX века оставались неясности. Результаты некоторых опытов с определёнными короткоживущими элементарными частицами даже легче было объяснить, отказавшись от закона сохранения чётности. Но как отказаться от того, что десятки лет считалось законом?

Два физика-теоретика, Ли Цзундао и Янг Чжэньнин (оба здравствуют до сих пор), обратились к Ву, которую они знали как блестящего специалиста по бета-распаду. И под её руководством в 1956 году был поставлен опыт, в котором использовался кобальт-60 – искусственный радиоактивный изотоп, кстати, по сей день применяющийся в медицине. Его ядра испускают электроны в ходе бета-распада:

$$^{60}_{27}\mathrm{Co} \rightarrow {}^{60}_{28}\mathrm{Ni} + e^- + \bar{\nu}_e.$$

[1] См. статью В. Сироты «Внутри атомного ядра: сильное и слабое» в «Квантике» № 8 за 2019 год.

Циклон над Исландией, фотография из космоса
Фото: NASA

«Что может быть хуже, чем возвращаться домой из лаборатории и видеть полную раковину грязной посуды? Только не ходить в лабораторию!»

Ву Цзяньсюн

Ву Цзяньсюн, 1958 год

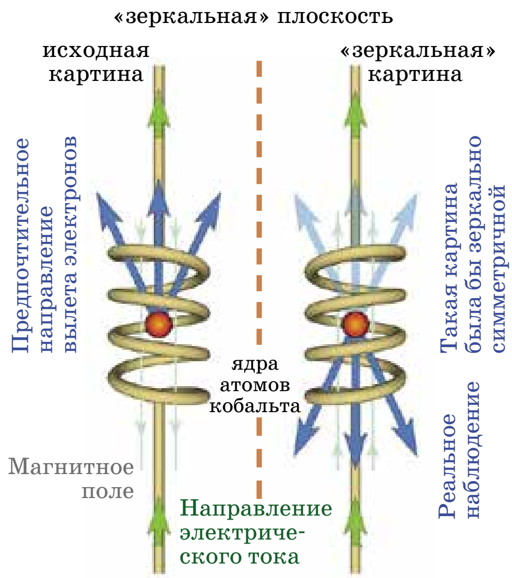


Рис. 2. Схема опыта Ву

Вольфганг Паули и Ву Цзяньсюн
Фото: AIP Emilio Segrè Visual Archives, Segre Collection

Ву Цзяньсюн, 1963 год

Ву поместила соль кобальта в сильное магнитное поле внутри катушки с электрическим током – это позволило «выстроить» ядра кобальта-60 более или менее в одном направлении, так как они обладают магнитными свойствами. Чтобы этот строй не сбивался из-за теплового движения, образец сильно охлаждали. И дальше надо было зарегистрировать, куда электроны вылетают из ядер. Если бы закон сохранения чётности соблюдался, одинаковое число электронов вылетало бы в направлении магнитного поля и против него…

Но оказалось, что это не так! Бóльшая часть электронов вылетала «против поля» – то есть с «южного» конца ядра, если рассматривать его как крошечный магнит. А это значит, что при зеркальном отражении той же установки, где направление поля изменится на противоположное, симметрии уже не будет (рис. 2)!

То есть на самом деле сохранения чётности нет: наш мир будет отличаться от зеркального благодаря именно таким процессам, которые останутся какими были, не переходя в свои отражения. Есть хорошее сравнение: представим себе два шкафа, которые выглядят как точное отражение друг друга. Но не совсем точное – потому что оба собраны на шурупах с правой резьбой…

Соответственно, мы можем решить и проблему Озмы – просто предложим инопланетянам повторить опыт Ву!

Физики всего мира были потрясены. Вольфганг Паули не верил: «Это полная чушь!». Ричард Фейнман проиграл 50 долларов, которые он заранее поставил на то, что опыт не покажет нарушения чётности (зато впоследствии он теоретически объяснил это нарушение). Лев Ландау попробовал сформулировать новое правило: может быть, мир, неотличимый от нашего, всё-таки можно построить, если не только использовать зеркальное отражение, но и одновременно заменить все частицы на античастицы. Впрочем, как потом выяснилось, и это тоже не совсем верно...

Уже в следующем году Ли Цзундао и Янг Чжэньнин получили Нобелевскую премию. Ву была упомянута на церемонии награждения – но и только.

ДАЛЬНЕЙШЕЕ

Ву продолжала работать. Написала книгу по бета-распаду. Успешно занималась разнообразными исследованиями. В 1973 году наконец получила возможность съездить на родину, но это была грустная поездка: во время китайской «культурной революции» погибли её дядя и брат, а могилы родителей были разгромлены.

К этому времени заслуги Ву уже стали широко признаваться. В 1975 году она стала президентом Американского физического общества, в 1978 – первым лауреатом премии Вольфа по физике, одной из самых престижных научных премий в мире. Были и десятки других наград и званий. И были публичные выступления, в которых Ву Цзяньсюн говорила о важных для неё проблемах. В том числе о праве и возможности для женщин заниматься наукой наравне с мужчинами.

«Я сомневаюсь, что найдётся непредвзятый человек, который считает женщин недостаточно интеллектуальными для работы в науке и технике».

«Не думаю, что для крошечных атомов и ядер, математических символов или молекул ДНК есть хоть какая-то разница, кто ими занимается – мужчины или женщины».

Ву Цзяньсюн умерла 16 февраля 1997 года. Её прах захоронен в Китае, неподалёку от школы, которую Ву-отец основал ради дочери. Во дворе этой школы ей поставлен памятник.

А в космосе кружится астероид 2752 Ву Цзяньсюн. Его так назвали ещё в 1990 году – редкий случай, когда астероид получил имя учёного при его жизни.

Ли Цзундао

Янг Чжэньнин
Фото: Nobel Foundation archive

Памятник Ву Цзяньсюн

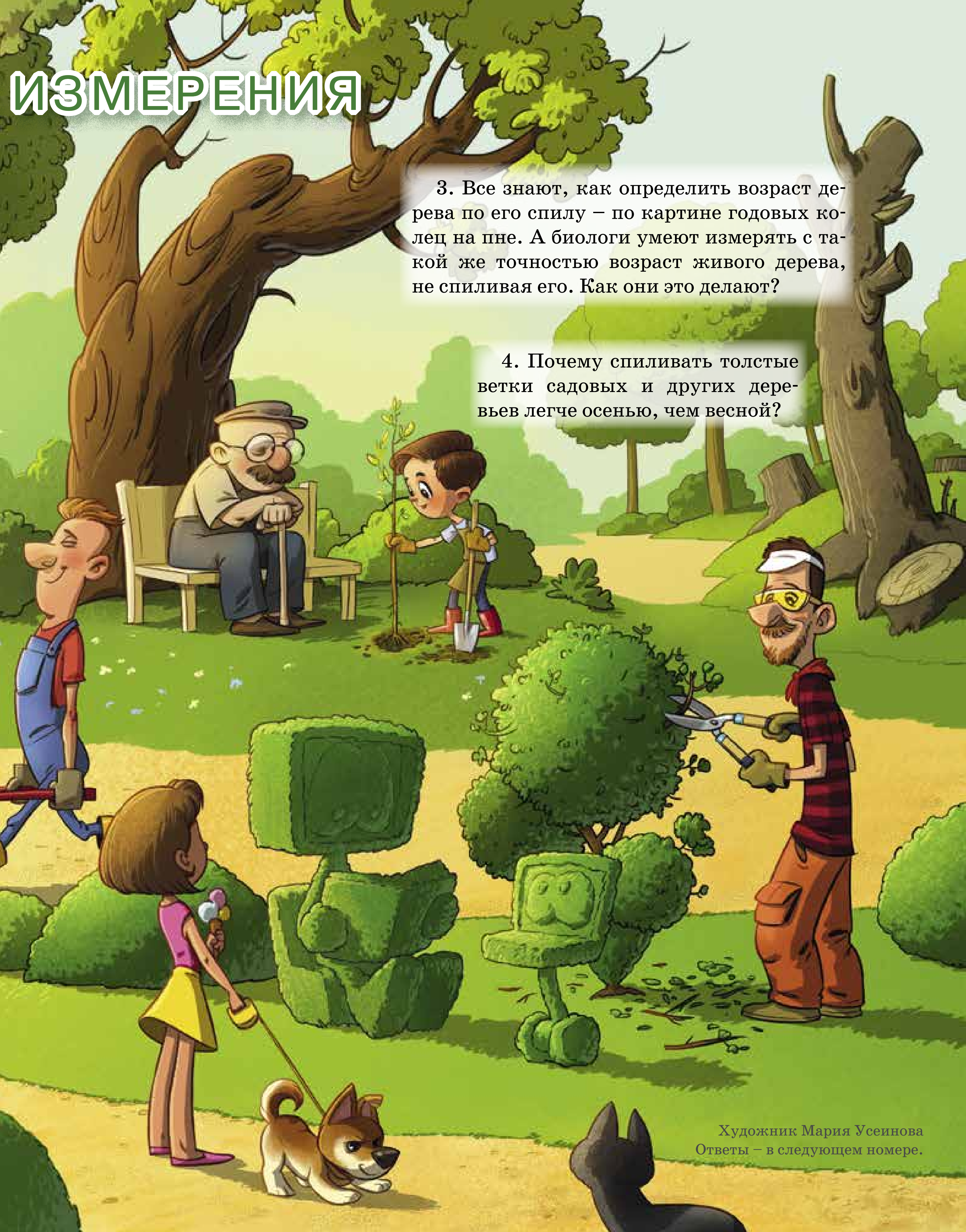
Валерия Сирота

ДЕРЕВЬЯ И ИХ

1. Гуляя летом по саду декоративных растений, Вася обратил внимание, что от одних деревьев тени круглые, от других – вытянутые, овальные, от третьих – и вовсе с острыми углами... Почему так получается? Какой формы тень от пинии, от шаровидного клёна, от обычной ёлки?

2. Измерьте высоту живого взрослого дерева и диаметр его ствола. Пилить дерево запрещается! Найдите несколько способов измерения и сравните результаты.

ИЗМЕРЕНИЯ



3. Все знают, как определить возраст дерева по его спилу – по картине годовых колец на пне. А биологи умеют измерять с такой же точностью возраст живого дерева, не спиливая его. Как они это делают?

4. Почему спиливать толстые ветки садовых и других деревьев легче осенью, чем весной?

Художник Мария Усеинова

Ответы – в следующем номере.

Андрей Щетников

ИСТОРИЯ О ПОДЪЁМНОЙ СИЛЕ КРЫЛА, или КАК ПОЛЬЗОВАТЕЛИ ИНТЕРНЕТА СПОРИЛИ ДРУГ С ДРУГОМ

Начнём с притчи, которую семь с половиной веков назад написал великий персидский поэт Джалаледдин Руми; стихи даны в переводе Наума Гребнева:

Был приведён для обозренья слон
И в некое строенье помещён.

Чтоб подивиться на такое чудо,
Немало праздного собралось люда.

Но в помещенье тьма была черна,
И люди только трогали слона,

И сразу же друг другу в возбужденье
Высказывали разные сужденья.

Погладил кто-то хобот и изрёк:
«На жёлоб слон похож, на водосток».

Потрогав ухо, женщина сказала:
«Не отличить слона от опахала!»

И кто-то, тронув ногу, восхищённо
Сказал, что слон как некая колонна.

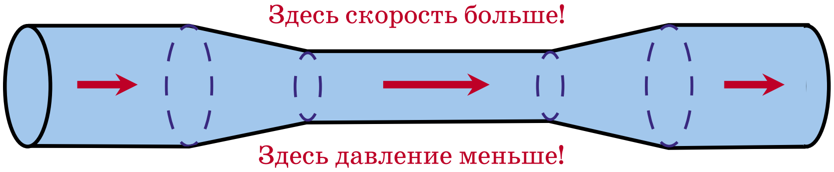
Другой ощупал бок и молвил: « Слон
Скорей всего похож на шахский трон!»

Бывает так повсюду: мрак и тьма
Людей лишают званья и ума.

Меж тем их разномыслие, пожалуй,
Исчезло б от свеченья свечки малой.

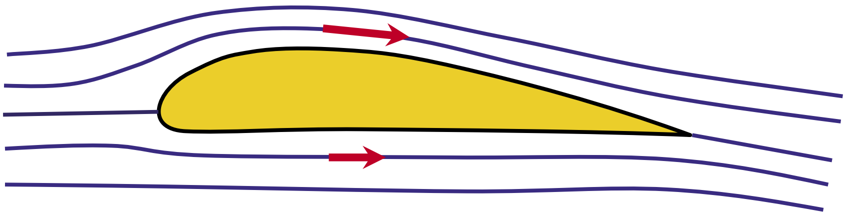
Вы спросите, при чём здесь журнал «Квантик» и точные науки? Дело в том, что эту притчу я вспомнил, задумавшись над одним спором, который постоянно ведётся в интернете: как возникает подъёмная сила крыла, поддерживающая самолёт в воздухе?

Первое объяснение подъёмной силы основано на принципе Бернулли. Чтобы понять сам этот закон, рассмотрим жидкость, текущую по трубе, в которую встроен участок уменьшенного диаметра. Ясно, что на этом участке скорость жидкости увеличится, после выхода из него вернётся к первоначальному значению: ведь и через широкую, и через узкую трубу за одно и то же время должно протекать одно и то же количество жидкости, а значит, сужение трубы должно компенсироваться увеличением скорости: это так называемый *принцип непрерывности*.



А теперь спросим себя, где давление жидкости больше: в широких участках трубы или в узком? *Принцип Бернулли* утверждает, что давление в узком участке трубы, как это ни удивительно, ***меньше***, чем на широких участках! Чтобы обосновать это утверждение, спросим себя: за счёт чего вода набирает скорость во входном переходнике? Чтобы вода разгонялась, давление на широком входе в конус должно быть больше, чем на узком выходе из него, иначе никакого разгона не произойдёт. Такое же рассуждение справедливо для выходного переходника: чтобы вода замедлялась, давление на широком выходе из конуса должно быть больше, чем на узком входе в него.

Как с помощью принципа Бернулли можно объяснить возникновение подъёмной силы крыла? Рассмотрим обтекание крыла с точки зрения человека в самолёте: для него самолёт неподвижен, а воздух налетает на самолёт спереди и обтекает фюзеляж и крылья. Пусть крыло самолёта «классическое» и имеет несимметричный профиль, сверху более выпуклый, чем снизу. Спереди профиль «тупой», а его задняя кромка – острая, чтобы за ней не возникало нежелательных вихрей. При обтекании такого крыла воздухом, «трубки тока» над крылом как бы поджимаются выпуклым препятствием и оказываются более узкими, чем под крылом. А тогда и скорость воздуха в них возрастает; правда, время, за которое воздух огибает крыло с разных сторон, может различаться. Но по принципу Бернулли при возрастании скорости давление в «трубке тока» уменьшается. И тем самым давление над



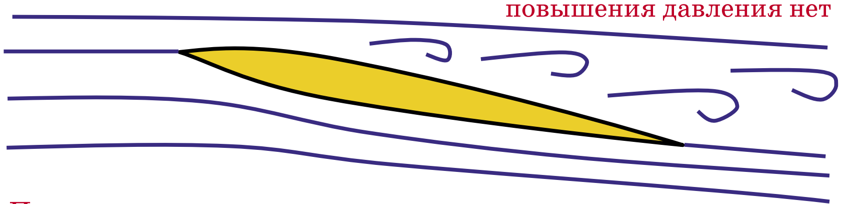
крылом меньше, чем давление под крылом. Эта разность давлений и создаёт подъёмную силу, за счёт которой летящий самолёт держится в воздухе.

Но в этом месте, как водится, появляется критик: «Вы знаете, что самолёты могут летать вверх ногами? Но когда самолёт летит вверх ногами, у него и крыло перевёрнуто! И его подъёмная сила направлена не вверх, а вниз – туда же, куда направлена сила тяжести! Но тогда самолёт под совокупным действием этих сил должен рухнуть вниз, а он всё таки летит!»

Человек, знакомый только с таким объяснением, остаётся обескураженным. А критик добавляет: «И вообще, у современных сверхзвуковых самолётов профиль крыла вовсе не такой, как вы тут нарисовали! Он тонкий и симметричный. Как же такое крыло создаёт подъёмную силу?»

Возражение резонное, и мы просим критика дать своё объяснение. И он нам отвечает, что когда самолёт летит, его крыло обтекается воздухом под некоторым углом атаки (примерно так, как воздушный змей, только с большей скоростью). И обтекание крыла оказывается несимметричным: под крылом воздух течёт плавно и нажимает на него, повышая давление снизу, а вот над крылом происходит срыв потока, потому что крыло как бы заслоняет для воздуха ту область, которая за ним, и здесь возникает зона завихрений, в которой давление не повышается, а остаётся близким к атмосферному. И именно эта разность давлений создаёт подъёмную силу, а вовсе не ваш сомнительный закон Бернулли, – добавляет критик в конце своей речи.

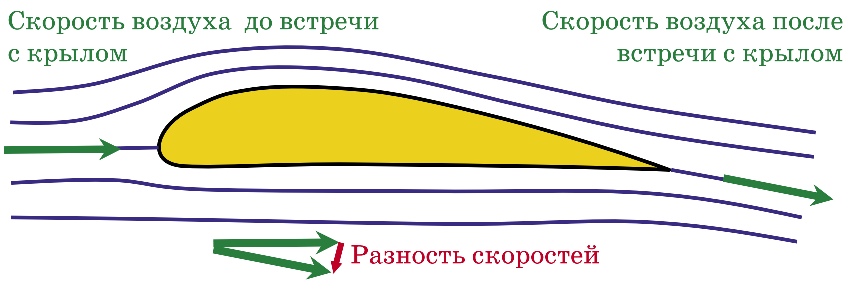
А в области завихрений за крылом повышения давления нет



Под крылом давление повышается из-за напора воздуха

Как самолёты летают вверх ногами, критик тоже может объяснить: дело в том, что они всегда разворачиваются так, чтобы крыло имело правильный угол атаки по отношению к потоку и чтобы подъёмная сила тем самым всегда была направлена вверх.

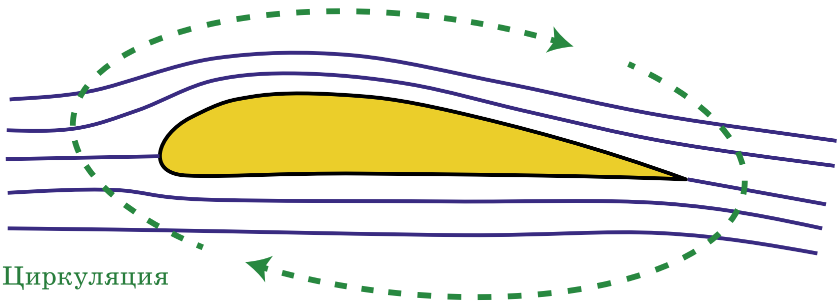
Критик отходит в сторону, а мы задумываемся. Всё-таки на дозвуковых самолётах крыло делали выпуклым сверху, и наверное, это имело какой-то смысл? И неужели подъёмная сила, создаваемая таким крылом при нулевом угле атаки, столь ничтожна, что ею можно пренебречь? Когда мы об этом думаем, на сцену выходит второй критик. «Я слышал всё, что вы здесь говорили, – сообщает он, – и заявляю, что рассуждать надо совсем иначе. Дело в том, что крыло, будь его профиль несимметричным или симметричным с ненулевым углом атаки, отбрасывает воздух вниз, это и на ваших рисунках видно. А раз воздух отбрасывается вниз, то на него со стороны крыла действует сила, направленная вниз. Но тогда, по *третьему закону Ньютона* – «действие равно противодействию», слышали о таком? – на крыло со стороны воздуха действует сила, направленная вверх, и это и есть подъёмная сила крыла. А все ваши разговоры про закон Бернулли совершенно несостоятельны; и кстати, несимметричный профиль будет отбрасывать воздух вниз и при отсутствии срыва, создавая подъёмную силу, так что первый критик тоже был если и прав, то не совсем».



И вот такой у автора первого объяснения и двух его критиков получается разговор. Они спорят друг с другом до изнеможения, не понимая, что их объяснения являются не ***альтернативными***, отрицающими друг друга, но ***дополнительными***, помогающими лучше понять суть работы крыла в разных режимах. Особенно скажем про второго критика: он думает, что его объяснение, основанное на разности скоростей, отвергает всё сказанное прежде, а ведь оно, если можно так выразиться, просто заходит с другой стороны, потому что если какие силы и действуют непосредственно на поверхность крыла со стороны воздуха, то это

силы воздушного давления, других у нас нет. А разговор об отбрасывании воздуха вниз позволяет объяснить возникновение подъёмной силы другим путём, без разговоров о давлении. Но сама разность давлений сверху и снизу этим объяснением не уничтожается.

На этом месте можно было бы и завершить разговор, но мне хочется выпустить на сцену ещё одного критика с такой речью: «Все вы неправы, потому что на самом деле есть такая *теорема Жуковского*, которая объясняет возникновение подъёмной силы наличием циркуляции потока вокруг крыла. Когда самолёт летит, воздух вокруг крыла закручивается, и именно это закручивание поддерживает самолёт в полёте. Так что вот оно, правильное объяснение, а не всё, что вы тут до сих пор говорили!»



Циркуляция воздуха показана стрелками

И тут надо сказать, что если человек разбирается в аэродинамике, то он понимает, что теорема Жуковского – это ещё один способ описывать то же самое явление возникновения подъёмной силы, и это описание основано на очень своеобразной математической модели, использующей комплексные числа и прочие математические красоты – хотя такая вещь, как циркуляция потока, действительно существует и отнюдь не является математической абстракцией.

Мы же ещё раз повторим свой вывод: разные описания «слона», о котором говорил великий Руми, – это зачастую всего лишь именно разные описания одной реальности, и для лучшего понимания этой реальности надо не отбрасывать все прочие описания ради какого-то одного, но понять, как эти разные языки согласуются друг с другом.

Ну и кстати, найдите ещё одну притчу Руми о том, как из-за винограда перессорились четыре человека, и прочитайте её тоже, она того стоит.

Художник Алексей Вайнер

Владимир Красноухов

МЕДВЕЖИЙ УГОЛ-2

Эта парадоксальная головоломка состоит из деталей, форма и относительные размеры которых показаны на рисунке 1, и треугольной коробочки (рис. 2). Коробочка имеет форму равнобедренного прямоугольного треугольника с катетом в 5 раз длиннее гипотенузы красного треугольника.

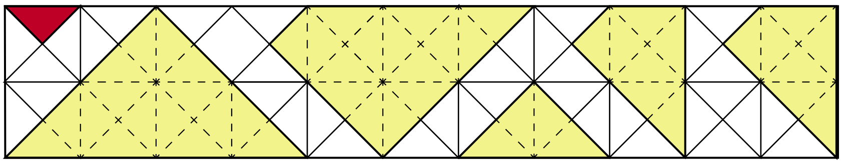


Рис.1

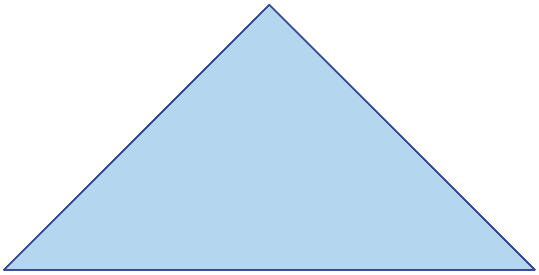


Рис. 2

Все элементы, за исключением самого маленького (красного) треугольника, легко укладываются в коробочку (рис. 3).

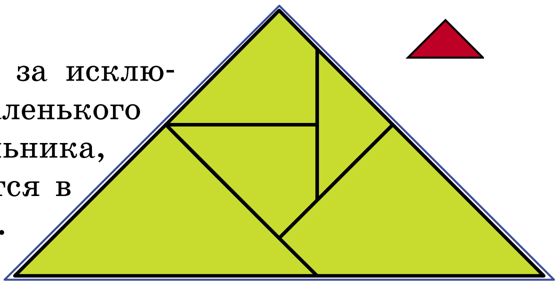


Рис. 3

Задача 1. Разместите в коробочке все детали, включая маленький красный треугольник. (Разве это возможно? Ведь площадь коробочки, казалось бы, вся занята...)

Задача 2. Выложите все детали на стол и соберите из них квадрат.

Задача 3 (очень трудная). Соберите из всех деталей симметричную фигуру (не треугольник и не квадрат). Автор этой головоломки (В. Красноухов) утверждает, что существует единственное решение этой задачи и это (подскажем) 14-угольник.

Как принято в такого рода задачах, элементы можно поворачивать и переворачивать, но нельзя накладывать друг на друга. Желаем успехов!

Художник Евгений Паненко

Ответы – в следующем номере.

ЖУРНАЛУ «КВАНТ» - 50 лет

Поздравляем замечательный физико-математический журнал «Квант» с полувековым юбилеем. Все номера журнала с момента его основания и до текущих выпусков – настоящую сокровищницу статей и задач для школьников – см. по ссылке **kvant.ras.ru**

Анатолий Савин КВАНТ, который построил ИСААК

Вот Квант, который построил Исаак,
А вот ученица,
Которая изредка любит хвалиться,
Что всё понимает на целой странице
В Кванте, который построил Исаак.

Вот автор статьи – знаменитый учёный,
Который писал её так увлечённо
Для этой без меры серьёзной девицы,
Которая изредка любит хвалиться,
Что всё понимает на целой странице
В Кванте, который построил Исаак.

А вот рецензент – давний член редсовета,
Который прочёл сочинение это,
Представив себя симпатичной девицей,
Которая тщетно мурыжит страницу,
Пытаясь понять то, о чём говорится
В Кванте, который построил Исаак.

А это редактор, статью эту правивший,
Лишь автора имя на месте оставивший,
Чтоб даже тупейшая в мире девица
Смогла хоть единожды в год похвалиться,
Что всё понимает на целой странице
В Кванте, который построил Исаак.

А это художник в глубокой прострации
Пытается выдумать те иллюстрации,
Которые так очаруют девицу,
Что сходу она прочитает страницу
В Кванте, который построил Исаак.

Вот главный редактор – большой академик,
Он правит (за это не требуя денег),
Чтоб делалось всё только так и вот так,
Поскольку он есть этот самый Исаак,
Который по уши влюбился в девицу,
Которая пальчиком тычет в страницу,
Пытаясь понять то, о чём говорится
В Кванте, который построил Исаак.

Возглавляли «Квант» долгие годы два академика: физик Исаак Константинович Кикоин и математик Андрей Николаевич Колмогоров. В этом номере «Квантика» – который, кстати, 100-й по счёту – мы приводим два шуточных стихотворения из «Кванта». Первое придумал основатель и ведущий рубрики «“Квант” для младших школьников» Анатолий Павлович Савин к 75-летию Кикоина, а проиллюстрировал художник и мультипликатор Эдуард Васильевич Назаров. Второе – это математическая загадка от поэта Алексея Николаевича Старикова.

Алексей Стариков

НЕОБЫКНОВЕННАЯ ДЕВОЧКА

Ей было тысяча сто лет,
Она в сто первый класс ходила,
В портфеле по сто книг носила –
Всё это правда, а не бред.
Когда, пыля десятком ног,
Она шагала по дороге,
За ней всегда бежал щенок
С одним хвостом, зато стоногий.
Она ловила каждый звук
Своими десятью ушами,
И десять загорелых рук
Портфель и поводок держали.
И десять тёмно-синих глаз
Рассматривали мир привычно…
Но станет всё совсем обычным,
Когда поймёте наш рассказ.

XXXI Математический праздник
ИЗБРАННЫЕ ЗАДАЧИ

Очередной математический праздник для 6 и 7 классов собрал 9 февраля 2020 года в Москве более 14 000 школьников. Приводим избранные задачи олимпиады. Подробности – на сайте olympiads.mccme.ru/matprazdnik

1 (6 класс). Таня сфотографировала четырёх котиков, поедающих сосиски (рис. 1). Вскоре она сделала ещё один кадр (рис. 2). Каждый котик ест свои сосиски непрерывно и с постоянной скоростью, а на чужие не покушается. Кто доест первым и кто последним?

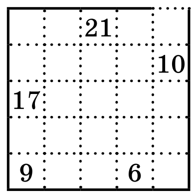
Рис. 1

Рис. 2

Т. И. Голенищева-Кутузова, Т. В. Казицына, А. А. Трунин

2 (7 класс). В ребусе ЯЕМЗМЕЯ=2020 замените каждую букву в левой части равенства цифрой или знаком арифметического действия (одинаковые буквы одинаково, разные – по-разному) так, чтобы получилось верное равенство. Достаточно одного примера.

А. А. Заславский, О. А. Заславский



3 (6 и 7 классы). На клетчатой бумаге был нарисован лабиринт: квадрат 5×5 (внешняя стена) с выходом шириной в одну клетку, а также внутренние стенки, идущие по линиям сетки. На

рисунке мы скрыли от вас все внутренние стенки. Начертите, как они могли располагаться, зная, что числа, стоящие в клетках, показывают наименьшее количество шагов, за которое можно было покинуть лабиринт, стартовав из этой клетки (шаг делается в соседнюю по стороне клетку, если они не разделены стенкой). Достаточно одного примера.

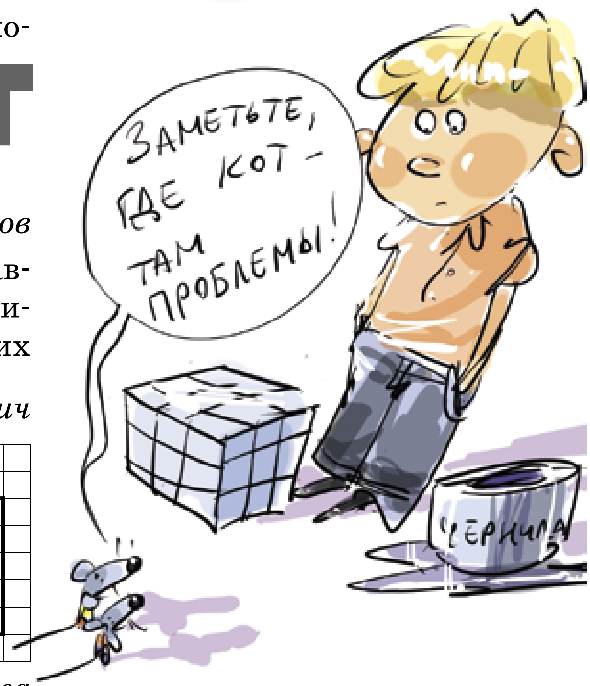
М. А. Евдокимов, А. В. Хачатурян

4 (7 класс). На столе лежат 6 яблок (не обязательно одинакового веса). Таня разложила их по 3 на две чашки весов, и весы остались в равновесии. А Саша разложил те же яблоки по-другому: 2 яблока на одну чашку и 4 на другую, и весы опять остались в равновесии. Докажите, что можно положить на одну чашку весов одно яблоко, а на другую два так, что весы останутся в равновесии.

А. В. Шаповалов

5 (6 класс). Миша сложил из кубиков куб $3\times3\times3$. Затем некоторые соседние по грани кубики он склеил друг с другом. Получилась цельная конструкция из 16 кубиков, остальные кубики Миша убрал. Обмакнув конструкцию в чернила, он поочерёдно приложил её к бумаге тремя гранями. Вышло слово КОТ (см. рисунок). Что получится, если отпечатать грань, противоположную букве «О»?

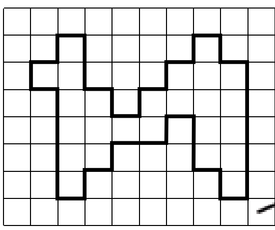
М. А. Евдокимов, О. А. Заславский, А. В. Шаповалов



6 (7 класс). Три стороны четырёхугольника равны, а углы четырёхугольника, образованные этими сторонами, равны 90° и 150°. Найдите два других угла этого четырёхугольника.

М. А. Волчкевич

7 (7 класс). Можно ли данную фигуру («верблюда») разбить а) по линиям сетки; б) не обязательно по линиям сетки на 3 части, из которых можно сложить квадрат?



Ю. С. Маркелов, ученик 10 класса

Художник Сергей Чуб

КОНКУРС
ПО РУССКОМУ ЯЗЫКУ

Решения II тура отправляйте по адресу ruskonkurs@kvantik.org **не позднее 1 июня.** В письме кроме имени и фамилии укажите ваш город, а также школу и класс, где вы учитесь. Победителей ждут призы. Предусмотрены специальные премии за лучшее решение отдельных туров.

Предлагайте на конкурс задачи собственного сочинения – лучшие будут опубликованы.

II ТУР

6. Найдите русский односложный предлог, который можно понять как деепричастие. Напишите начальную форму глагола, от которого образовано это деепричастие.

С. В. Дьяченко

7. В русской букве В две «дырочки». А сколько всего «дырочек» в буквах русского алфавита? (Под «буквами» в этой задаче понимаются заглавные печатные буквы.)

А. И. Иткин

8. *а*, *б*, *в*, *ж*, ... Напишите два следующих элемента этого списка. Кратко поясните своё решение.

И. Б. Иткин

9. Решите шуточную задачу: с суффиксом *-ник* – любитель, без суффикса – профессионал.

С. И. Переверзева

10. Двухлетний Петя недавно узнал несколько новых слов. Произносит он их примерно так: *кук*, *авáй*, *гегóни*, *апéпе*. Все эти слова относятся к одной группе. Значения этих слов Петя знает хорошо и никогда не путает *кук* и *авай*, *гегони* и *апепе*. Как выглядят эти слова во «взрослом» языке?

А. А. Плетнёва

Художник Николай Крутиков

КОНКУРС ПО РУССКОМУ ЯЗЫКУ, I тур
(«Квантик» № 1, 2020)

1. *Какой предмет, необходимый многим людям для лучшего восприятия окружающего мира, в некоторых севернорусских говорах называют* близнецами*?*

Этот предмет – **очки**. *Близнецами* их называют, вероятно, потому, что очки состоят из двух одинаковых половинок.

2. *Из названия страны* Боливия *можно, отбросив две первые буквы, получить название другой страны* – Ливия. *Разумеется, тем же свойством обладают и прилагательные, образованные от названий этих стран:* боливийский – ливийский. *Найдите названия двух стран такие, что прилагательные, образованные от этих названий, обладают тем же свойством, но сами названия стран этим свойством не обладают.*

От некоторых названий государств, включающих в себя элементы -*стан*, -*ландия*, -*ланд* со значением «земля, страна», прилагательные по традиции образуются без этих элементов: *Финляндия – финский*, *Таджикистан – таджикский* и т.д. Соответственно, речь идёт о паре ***Китай – Таиланд*** (ср. *китайский – тайский*). Участники конкурса нашли ещё один ответ: ***Афганистан – Гана*** (ср. *афганский – ганский*).

3. *Одну пожилую женщину её родные называли* Бари́на. *Как было её настоящее имя? Кто из членов семьи первым стал так её называть?*

Эту женщину звали ***Марина***, домашнее прозвище *Бари́на* придумали **её внуки**, «сократив» привычное обращение «бабушка Марина».

Может показаться, что напрашивающиеся ответы *Рина*, *Арина* и *Ирина* ничем не хуже правильного; но это не вполне так. Во-первых, как явствует из условия, речь идёт о женщине, родившейся довольно давно (в действительности – около ста лет назад). Правила употребления имён раньше были не такими, как сейчас; в частности, полные имена *Рина* и *Арина* встречались исключительно редко (так, знаменитую актрису Рину Зелёную на самом деле звали Екатерина, а няню Пушкина Арину Родионовну – Ирина или Иринья). Если же допустить, что героиню задачи звали *Ирина*, внуки, конечно, обращались бы к ней не «бабушка Ирина», а «бабушка Ира». Во-вторых, звуки *м* и *б* очень близки между собой (оба они образуются с участием губ); это обстоятельство придало замене *Марины* на *Барину* особое изящество.

4. *– Мне на день рождения деревянную АЛЬФУ подарили! – похвастался Вовочка своей подруге Машеньке.*

– Как это так: «деревянную АЛЬФУ»?! – рассмеялась Машенька. – Если АЛЬФУ, значит, уж точно не деревянную!

Вовочка сказал правду, хотя, если подумать, удивление Машеньки можно понять. Какое сочетание из двух слов мы заменили на «АЛЬФА»?

Вовочке подарили **железную дорогу**. Сочетание *деревянная железная дорога* с непривычки действительно звучит странно, хотя, разумеется, игрушечную железную дорогу можно изготовить из чего угодно, и она всё равно будет называться *железной дорогой*.

5. *Если понимать значение этого прилагательного буквально, можно сказать, что люди обычно становятся ТАКИМИ к концу первого года жизни. В действительности некоторые люди, к сожалению, не становятся по-настоящему ТАКИМИ никогда. Какое прилагательное мы заменили на ТАКОЙ?*

Речь идёт о прилагательном ***самостоятельный***. Буквально оно означает «такой, который умеет стоять сам». Действительно, в возрасте 10–11 месяцев маленькие дети, как правило, уже хорошо умеют стоять без поддержки. А вот некоторые взрослые так никогда и не становятся по-настоящему самостоятельными, оставаясь в полной зависимости от окружающих.

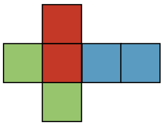
НАШ КОНКУРС, VI тур («Квантик» № 2, 2020)

26. *Число 1210 автобиографичное: его первая цифра показывает, сколько в нём нулей, вторая – сколько единиц, третья – сколько двоек, а четвёртая – сколько троек. Найдите следующее автобиографичное целое число.*

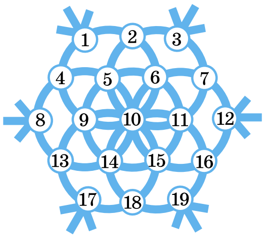
Ответ: 2020. Будем искать следующее автобиографичное число среди четырёхзначных чисел. Сумма его цифр – это количество цифр в нём, то есть 4. Если оно начинается с 1, то ещё в нём один ноль, а также две ненулевые цифры с суммой 3, то есть 1 и 2. Тогда число содержит один ноль, две единицы и двойку, а значит, равно 1210. Если же следующее число начинается с двойки, то в нём два нуля, и оставшаяся цифра равна $4-2=2$. Это как раз 2020.

27. *У барона Мюнхгаузена есть волшебный кубик, в котором две грани – синие, две – красные и две – зелёные. Если поставить этот* *кубик на любую грань и запомнить, где какой цвет, то на какую бы другую грань потом ни ставить кубик, не удастся повторить такое же расположение цветов. Может ли так быть?*

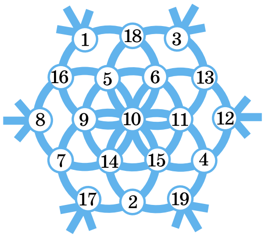
Ответ: да. Покрасим кубик так, чтобы соседние грани были одного цвета (см. развёртку). Чтобы расположение цветов повторилось, нужно оба раза поставить кубик на грань одного и того же цвета. Но в нашем примере напротив одного и того же цвета всегда будут грани разных цветов.



28. *Снежинка «соткана» из семи окружностей, на них расположены кружки, по 6 на каждой окружности. В кружках расставлены числа от 1 до 19 (верхний рисунок). Переставьте 6 чисел так, чтобы на каждой окружности сумма чисел была одной и той же.*

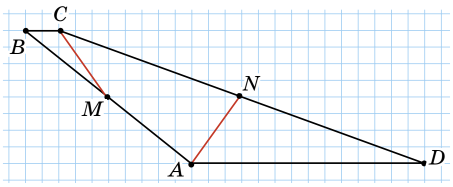


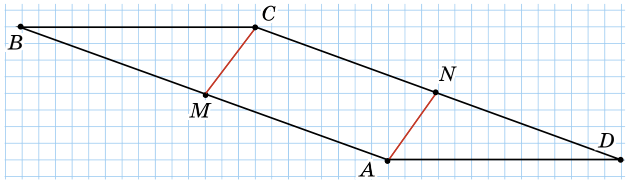
Если поменять местами числа в парах 2 и 18, 4 и 16, 7 и 13, то получим расстановку, в которой суммы чисел, записанных на каждой из семи окружностей, равны по 60 (нижний рисунок).

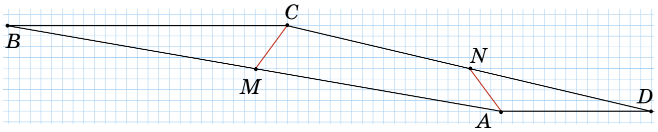


29. *Ноутику и Квантику дали задание: нарисовать какой-нибудь четырёхугольник $ABCD$, в котором стороны AD и BC параллельны и $AN = CM$, где M – середина AB, а N – середина CD. Ноутик нарисовал параллелограмм, а Квантик – даже два разных четырёхугольника, но оба не параллелограммы. Могло ли такое быть, если все примеры верные и в каждом $AD = 14$, $AN = CM = 5$, а расстояние между AD и BC равно 8?*

Ответ: да, см. рисунки. На каждом из них отрезки AM и CN – гипотенузы прямоугольных треугольников с катетами 3 и 4. Интересно, что AN и CM могут быть не параллельными – если они «наклонены в разные стороны», – и тогда $ABCD$ не параллелограмм, а трапеция.

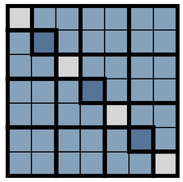






30. *В каждой клетке таблицы 7×7 стоит минус. За ход можно в любом квадрате 2×2 поменять все знаки на противоположные. Какое наибольшее количество плюсов можно получить в таблице с помощью таких ходов?*

Ответ: 42. Изменим знаки на противоположные в двенадцати синих квадратах 2×2 (см. рисунок). Получим таблицу, в которой везде, кроме главной диагонали, стоят плюсы.



Докажем, что больше 42 плюсов получить нельзя. Заметим, что при наших операциях в каждой строке сохраняется чётность количества минусов. Изначально в строках было по 7 минусов, тогда в каждой строке всегда будет нечётное их количество, то есть не меньше одного.

МАКСИМ ГРЕК И ЗАГАДОЧНЫЕ БУКВЫ

(«Квантик» № 3, 2020)

Это таблица умножения. В первой колонке записано, как умножать числа от 1 до 9 на себя, во второй — как умножать числа от 2 до 9 на 2, потом – от 3 до 9 на 3 и т.д. Чтобы таблица поместилась на лист, она «сложена пополам» (шестая колонка записана под пятой, седьмая под четвёртой и т.д.).

До Петра I на Руси для записи чисел обычно использовались не привычные нам арабские цифры, а система, в которой каждой букве приписывалось числовое значение.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
·А҃·	·В҃·	·Г҃·	·Д҃·	·Є҃·	·Ѕ҃·	·З҃·	·И҃·	·Ѳ҃·
10	20	30	40	50	60	70	80	90
·І҃·	·К҃·	·Л҃·	·М҃·	·Н҃·	·Ѯ҃·	·О҃·	·П҃·	·Ч҃·
100	200	300	400	500	600	700	800	900
·Р҃·	·С҃·	·Т҃·	·Ѵ҃·	·Ф҃·	·Х҃·	·Ѱ҃·	·Ѿ҃·	·Ц҃·

Например, число 343 записывалось как ТМГ[1]. Как и сама кириллица, эта система имеет греческие корни (в Греции аналогичная система существовала уже в III в. до н.э.!), поэтому некоторые кириллические буквы в ней не используются (греческий алфавит начинается А, В, Г, Δ, Е , а кириллица – А, Б, В, Г, Д, Е – вот букве Б и не соответствует числовое значение; отметим ещё, что в рукописи используется сейчас крайне непривычная скорописная форма для буквы В).

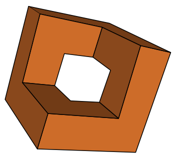
В отличие от привычного нам способа записи чисел, *эта система не позиционная*: Г҃ обозначает три единицы, для трёх сотен нужен уже совсем другой знак [2], Т҃. В каком порядке их писать? Оказывается, их писали в том же порядке, в каком произносили! Поэтому 13 записывается не как ІГ҃ («10 + 3»), а как ГІ҃ («три-на-дцать»).

---

[1] Чтобы числа не сливались с текстом, над записями чисел обычно ставили особый знак, титло; в нашей таблице необходимости разделять текст и числа нет, так что и титла не стоят.

[2] Поэтому, в частности, классическая греческая система подходит только для записи чисел от 1 до 999 (появились способы записывать и некоторые бóльшие числа, но мы их обсуждать не будем).

МНОГОГРАННИК ИЗ СЕМИУГОЛЬНИКОВ?



Одно из решений – на рисунке.

На странице kvan.tk/6-toroid этот многогранник можно рассмотреть с разных сторон.

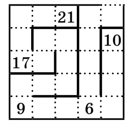
Более удивительно, что существует и многогранник, все грани которого выпуклые шестиугольники – его можно увидеть на странице zadachi.mccme.ru/misc/6g/

XXXI МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ПРАЗДНИК. ИЗБРАННЫЕ ЗАДАЧИ

1. За время, которое прошло между двумя фотографиями, Черныш съел 2 сосиски, Тиграша – 5, Снежок – 3, а Пушок – 4. Подождём ещё такое же время и снова посмотрим на котиков. Черныш съест ещё 2 сосиски, ему останется одна, то есть понадобится ещё половина того времени. То же и с Пушком: он съест 4, и ему останется доесть 2 сосиски, на что тоже уйдёт половина того времени. Тиграша съест 5 сосисок, и ему останется съесть 2, что меньше половины от пяти. Снежок же съест 3 сосиски, и ему останется 2, что составляет более половины от трёх. Поэтому Тиграша справится со своими сосисками раньше всех, а Снежок — позже всех.

2. $2\times505\times2=2020$.

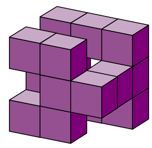
3. См. рисунок (можно доказать, что все стенки восстанавливаются однозначно).



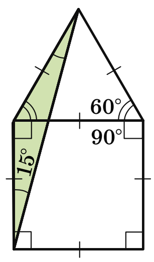
4. Два яблока, которые уравновесили у Саши четыре других, назовём *спелыми*. Они составляют половину общего веса яблок и не могли оказаться на одной чаше весов у Тани. Значит, одна чаша весов у Тани – это одно спелое яблоко и два неспелых, и вместе они тоже составляют половину общего веса. Тогда эти два неспелых яблока весят столько же, сколько и второе спелое.

5. Поскольку можно напечатать букву Т, какие-то два угловых кубика убраны. Остальные шесть угловых кубиков должны остаться (иначе не получится напечатать К и О). Поэтому буквы К и О расположены на соседних гранях. Теперь букву Т можно расположить только на грани, противоположной букве К. Места 13 из 16 кубиков определены (рисунок справа).

Кубики с цифрами 1 и 2 пока не приклеены ни одной своей гранью к остальным. А приклеивать их можно только теми гранями, на которых мы написали цифры 1 и 2. Поэтому к этим граням точно приклеено по кубику, а последний кубик должен прикрепить эти кубики к остальной конструкции (но не испортить букву К) — получается фигура на рисунке справа. Теперь можно посмотреть на грань, противоположную грани «О», и нарисовать ответ.



6. Пусть три равные стороны четырёхугольника равны 1. Построим фигуру «домик» – квадрат со стороной 1 с пристроенным к нему равносторонним треугольником: два угла домика будут равны 90°, два других – 150°, пятый угол – 60°, а все стороны равны 1. Отрежем от «домика» равнобедренный треугольник с углом 150° при вершине, как показано на рисунке. Останется как раз четырёхугольник, который дан в задаче (он совпадёт с ним при наложении). Так как у отрезанного треугольника два других угла равны по 15°, находим «неизвестные» углы нашего четырёхугольника: $90°-15°=75°$ и $60°-15°=45°$.



7. Решение см. в следующем номере в статье «Как разрезать верблюда».

Приглашаем всех попробовать свои силы в нашем

заочном математическом конкурсе.

Высылайте решения задач VIII тура, с которыми справитесь, не позднее 5 мая в систему проверки **konkurs.kvantik.com** (инструкция: kvan.tk/matkonkurs), либо электронной почтой по адресу **matkonkurs@kvantik.com**, либо обычной почтой по адресу **119002, Москва, Б. Власьевский пер., д. 11, журнал «Квантик».**

В письме кроме имени и фамилии укажите город, школу и класс, в котором вы учитесь, а также обратный почтовый адрес.

В конкурсе также могут участвовать команды: в этом случае присылается одна работа со списком участников. Итоги среди команд подводятся отдельно.

Задачи конкурса печатаются в каждом номере, а также публикуются на сайте **www.kvantik.com**. Участвовать можно, начиная с любого тура. Победителей ждут дипломы журнала «Квантик» и призы. Желаем успеха!

VIII ТУР

36. Петя решал задачу из книги: «В Канаде __ процентов населения говорит по-английски, а __ процентов – по-французски (на других языках в Канаде не говорят). Какой процент населения Канады говорит и по-английски, и по-французски?». (Числа из книги мы заменили пропусками.) «Какая лёгкая задача! – сказал он. – Надо просто вычесть из первого числа второе, вот и всё решение!» Петя посмотрел ответы в конце книги и убедился, что его ответ правильный. Какой процент населения Канады говорит по-французски, по мнению этой книги?

37. Когда родился Квантик, его старшему брату было x месяцев. Число x равно наименьшему общему кратному всех чисел от 1 до 9, кроме одного, а также равно произведению трёх последовательных чисел. Сколько полных лет старшему брату, если Квантику сейчас 100 месяцев?

Авторы: Григорий Гальперин (36), Александр Перепечко (37), Владимир Расторгуев (38), Сергей Дворянинов (39), Борис Френкин (40)

38. Клетчатые квадраты 12×12 и 5×5 разрежьте (один или оба) по линиям сетки так, чтобы всего получилось пять кусков и из этих пяти кусков можно было сложить квадрат 13×13.

39. Положительные числа x и y таковы, что левая дробь больше правой:

$$\cfrac{1}{2+\cfrac{3}{4+\cfrac{5}{\ddots\,2018+\cfrac{2019}{2020+x}}}} > \cfrac{1}{2+\cfrac{3}{4+\cfrac{5}{\ddots\,2018+\cfrac{2019}{2020+y}}}}.$$

Что больше: x или y?

40. В окружность вписан 1000-угольник, его вершины покрашены поочерёдно в красный и синий цвет. Каково наибольшее возможное количество красных вершин, углы при которых меньше $179°$?

Художник Николай Крутиков

ПАРАДОКС СРЕДНЕЙ СРЕДНЕЙ СКОРОСТИ

Группа бегунов пробежала 10-километровую дистанцию. Их средняя скорость была в среднем 2,25 м/с. Но потратили они на забег в среднем 4500 с, а не 10000/2,25 ~ 4444 с. Никакого обмана тут нет; в чём же дело?

Средняя скорость бегуна – это отношение преодолённого расстояния (10 км) к потраченному на это времени. Средняя скорость в среднем – сумма средних скоростей бегунов, делённая на количество бегунов. Потраченное в среднем время – сумма всех времён бегунов, делённая на количество бегунов.

Автор Александр Бердников
Художник Елена Цветаева

ISSN 2227-7986
20004