

УДК 51  
ББК 22.1  
Л76

LE THEOREME DU PARAPLUIE  
Où l'art d'observer le monde dans le bon sens  
Mickaël LAUNAY (Illustrations by Chloé Bouachour )  
© Flammarion, Paris, 2019

**Лонэ, Микаэль.**  
Л76 Теорема зонтика, или Искусство правильно смотреть на мир через призму математики / Микаэль Лонэ ; [перевод с французского И. Сысоевой]. — Москва : Эксмо, 2022. — 352 с. : ил. — (Красота математики).

ISBN 978-5-04-118741-5

Наше восприятие мира обманчиво. Наука часто ставит под сомнение наши самые сокровенные убеждения. Математика дает нам мощный инструмент для понимания механизмов Вселенной. Она учит нас мыслить шире и понимать больше, а главное, незримо сопровождает в нашей повседневной жизни.

Автор книги — математик Микаэль Лонэ, популяризатор науки, создатель канала Micmaths (более 540 000 подписчиков), автор «Большого романа о математике», переведенного на 15 языков мира, в том числе на русский.

УДК 51  
ББК 22.1

ISBN 978-5-04-118741-5

© Сысоева И., перевод на русский язык, 2022  
© Оформление. ООО «Издательство «Эксмо», 2022

Все права защищены. Книга или любая ее часть не может быть скопирована, воспроизведена в электронной или механической форме, в виде фотокопии, записи в память ЭВМ, репродукции или каким-либо иным способом, а также использована в любой информационной системе без получения разрешения от издателя. Копирование, воспроизведение и иное использование книги или ее части без согласия издателя является незаконным и влечет уголовную, административную и гражданскую ответственность.

Научно-популярное издание

КРАСОТА МАТЕМАТИКИ

**Лонэ Микаэль**

## **ТЕОРЕМА ЗОНТИКА, ИЛИ ИСКУССТВО ПРАВИЛЬНО СМОТРЕТЬ НА МИР ЧЕРЕЗ ПРИЗМУ МАТЕМАТИКИ**

Главный редактор *Рамиль Фасхутдинов*  
Руководитель направления *Владимир Обручев*  
Ответственный редактор *Юлия Лаврова*  
Научные редакторы *Сергей Черников, Александр Соловьев*  
Литературный редактор *Мелине Ананян*  
Младший редактор *Юлия Ключина*  
Художественный редактор *Петр Петров*  
Корректоры *Римма Болдинова*

Страна происхождения: Российская Федерация  
Шығарылған елі: Ресей Федерациясы

В оформлении обложки использована иллюстрация:  
MJgraphics / Shutterstock.com  
Используется по лицензии от Shutterstock.com

ООО «Издательство «Эксмо»  
123308, Россия, город Москва, улица Зорге, дом 1, строение 1, этаж 20, каб. 2013.  
Тел.: 8 (495) 411-68-86.

Home page: [www.eksmo.ru](http://www.eksmo.ru) E-mail: [info@eksmo.ru](mailto:info@eksmo.ru)

Өндүрүш: «ЭКСМО» АКС Баспасы.

123308, Ресей, қала Мәскеу, Зорге көшесі, 1 үй, 1 ғимарат, 20 қабат, офис 2013 ж.  
Тел.: 8 (495) 411-68-86.

Home page: [www.eksmo.ru](http://www.eksmo.ru) E-mail: [info@eksmo.ru](mailto:info@eksmo.ru)

Тауар белгісі: «Эксмо»

Интернет-магазин: [www.book24.ru](http://www.book24.ru)

Интернет-магазин: [www.book24.kz](http://www.book24.kz)

Импортер в Республику Казахстан ТОО «РДЦ-Алматы».

Қазақстан Республикасындағы импорттаушы «РДЦ-Алматы» ЖШС.

Дистрибутор и представитель по прямому контракту на производство,

в Республике Казахстан: ТОО «РДЦ-Алматы»

Қазақстан Республикасында дистрибутор және өнім бойынша арыз-талаптарды

қабылдаушының өкілі «РДЦ-Алматы» ЖШС.

Алматы қ., Дембровский көш., 3-а, литер Б, офис 1.

Тел.: 8 (727) 251-59-90/91/92. E-mail: [RDC-Almaty@eksmo.kz](mailto:RDC-Almaty@eksmo.kz)

Өнімнің жарамдылық мерзімі шектелмеген.

Сертификация туралы ақпарат: [www.eksmo.ru/certification](http://www.eksmo.ru/certification)

Сведения о подтверждении соответствия издания согласно законодательству РФ

о техническом регулировании можно получить на сайте Издательства «Эксмо»

[www.eksmo.ru/certification](http://www.eksmo.ru/certification)

Өндiрген мемлекет: Ресей. Сертификация қарастырылмаған

Дата изготовления / Подписано в печать 16.03.2022.  
Формат 60х90<sup>1/16</sup>. Печать офсетная. Усл. печ. л. 22,0.  
Тираж экз. Заказ

ISBN 978-5-04-118741-5



9 785041 187415 >

16+

В электронном виде книги издательства вы можете  
купить на [www.litres.ru](http://www.litres.ru)

**ЛитРес:**  
один клик до книг



**Москва.** ООО «Торговый Дом «Эксмо»

Адрес: 123308, г. Москва, ул. Зорге, д. 1, строение 1.

Телефон: +7 (495) 411-50-74. **E-mail:** [reception@eksmo-sale.ru](mailto:reception@eksmo-sale.ru)

По вопросам приобретения книг «Эксмо» зарубежными оптовыми покупателями обращаться в отдел зарубежных продаж ТД «Эксмо»

**E-mail:** [international@eksmo-sale.ru](mailto:international@eksmo-sale.ru)

*International Sales: International wholesale customers should contact*

*Foreign Sales Department of Trading House «Eksmo» for their orders.*

**international@eksmo-sale.ru**

По вопросам заказа книг корпоративным клиентам, в том числе в специальном оформлении, обращаться по тел.: +7 (495) 411-68-59, доб. 2261.

**E-mail:** [ivanova.ey@eksmo.ru](mailto:ivanova.ey@eksmo.ru)

Оптовая торговля бумажно-беловыми

и канцелярскими товарами для школы и офиса «Канц-Эксмо»:

Компания «Канц-Эксмо»: 142702, Московская обл., Ленинский р-н, г. Видное-2,

Белокаменное ш., д. 1, а/я 5. Тел./факс: +7 (495) 745-28-87 (многоканальный).

**e-mail:** [kanc@eksmo-sale.ru](mailto:kanc@eksmo-sale.ru), сайт: [www.kanc-eksmo.ru](http://www.kanc-eksmo.ru)

**Филиал «Торгового Дома «Эксмо» в Нижнем Новгороде**

Адрес: 603094, г. Нижний Новгород, улица Карпинского, д. 29, бизнес-парк «Грин Плаза»

Телефон: +7 (831) 216-15-91 (92, 93, 94). **E-mail:** [reception@eksmonn.ru](mailto:reception@eksmonn.ru)

**Филиал ООО «Издательство «Эксмо» в г. Санкт-Петербурге**

Адрес: 192029, г. Санкт-Петербург, пр. Обуховской обороны, д. 84, лит. «Е»

Телефон: +7 (812) 365-46-03 / 04. **E-mail:** [server@szko.ru](mailto:server@szko.ru)

**Филиал ООО «Издательство «Эксмо» в г. Екатеринбурге**

Адрес: 620024, г. Екатеринбург, ул. Новинская, д. 2щ

Телефон: +7 (343) 272-72-01 (02/03/04/05/06/08)

**Филиал ООО «Издательство «Эксмо» в г. Самаре**

Адрес: 443052, г. Самара, пр-т Кирова, д. 75/1, лит. «Е»

Телефон: +7 (846) 207-55-50. **E-mail:** [RDC-samara@mail.ru](mailto:RDC-samara@mail.ru)

**Филиал ООО «Издательство «Эксмо» в г. Ростове-на-Дону**

Адрес: 344023, г. Ростов-на-Дону, ул. Страны Советов, 44А

Телефон: +7(863) 303-62-10. **E-mail:** [info@rnd.eksmo.ru](mailto:info@rnd.eksmo.ru)

**Филиал ООО «Издательство «Эксмо» в г. Новосибирске**

Адрес: 630015, г. Новосибирск, Комбинатский пер., д. 3

Телефон: +7(383) 289-91-42. **E-mail:** [eksmo-nsk@yandex.ru](mailto:eksmo-nsk@yandex.ru)

**Обособленное подразделение в г. Хабаровске**

Фактический адрес: 680000, г. Хабаровск, ул. Фрунзе, 22, оф. 703

Почтовый адрес: 680020, г. Хабаровск, А/Я 1006

Телефон: (4212) 910-120, 910-211. **E-mail:** [eksmo-khv@mail.ru](mailto:eksmo-khv@mail.ru)

**Филиал ООО «Издательство «Эксмо» в г. Тюмени**

Центр оптово-розничных продаж Cash&Carry в г. Тюмени

Адрес: 625022, г. Тюмень, ул. Пермякова, 1а, 2 этаж. ТЦ «Перестрой-ка»

Ежедневно с 9.00 до 20.00. Телефон: 8 (3452) 21-53-96

**Республика Беларусь:** ООО «ЭКМО АСТ Си энд Си»

Центр оптово-розничных продаж Cash&Carry в г. Минске

Адрес: 220014, Республика Беларусь, г. Минск, проспект Жукова, 44, пом. 1-17, ТЦ «Outleto»

Телефон: +375 17 251-40-23; +375 44 581-81-92

Режим работы: с 10.00 до 22.00. **E-mail:** [exmoast@yandex.by](mailto:exmoast@yandex.by)

**Казахстан:** «РДЦ Алматы»

Адрес: 050039, г. Алматы, ул. Домбровского, 3А

Телефон: +7 (727) 251-58-12, 251-59-90 (91,92,99). **E-mail:** [RDC-Almaty@eksmo.kz](mailto:RDC-Almaty@eksmo.kz)

ПРИСОЕДИНЯЙТЕСЬ К НАМ!

## БОМБОРА

ИЗДАТЕЛЬСТВО

БОМБОРА – лидер на рынке полезных и вдохновляющих книг. Мы любим книги и создаем их, чтобы вы могли творить, открывать мир, пробовать новое, расти. Быть счастливыми. Быть на волне.

Мы в соцсетях:

[f](#) [vk](#) [g](#) [bombarabooks](#) [bomбора](#)  
[bomбора.ru](http://bomбора.ru)

ЧИТАЙ  
ГОРОД

book 24.ru

Официальный  
интернет-магазин  
издательской группы  
"ЭКМО-АСТ"

# СОДЕРЖАНИЕ

Введение . . . . .	7
--------------------	---

## ЧАСТЬ I

### ЗАКОН СУПЕРМАРКЕТОВ

Закон Бенфорда . . . . .	12
Мультипликативное мышление . . . . .	20
Наше врожденное чувство чисел . . . . .	28
Письменность без нулей и запятых . . . . .	41
Логарифмический мост . . . . .	50
Почему мир мультипликативен? . . . . .	63

## ЧАСТЬ II

### ЯБЛОКИ И ЛУНЫ

Самая высокая вершина мира . . . . .	72
Что такое числа? . . . . .	81
О пользе зонтиков . . . . .	93
Все всегда падает . . . . .	100
Успехи гравитации . . . . .	110
Форма Земли . . . . .	119

## ЧАСТЬ III

### ЛАБИРИНТЫ БЕСКОНЕЧНОСТИ

О длине границ . . . . .	130
Необъятное и бесконечное . . . . .	138
Бесконечность и конфеты . . . . .	149

## СОДЕРЖАНИЕ

Кривая Пеано . . . . .	161
Трехмерное евклидово пространство . . . . .	169
К четвертому измерению и за его пределы . . . . .	178
Фрактальная размерность . . . . .	185

### ЧАСТЬ IV

#### ИСКУССТВО НЕТОЧНОГО

Пятый постулат Евклида . . . . .	196
Иллюзия восприятия цвета . . . . .	207
Математика неопределенности . . . . .	216
Рассуждать, не зная, о чем идет речь . . . . .	225
Кривая геометрия полетов . . . . .	234
Решение проблемы . . . . .	247

### ЧАСТЬ V

#### ПУЧИНЫ ПРОСТРАНСТВА И ВРЕМЕНИ

С какой скоростью вы движетесь? . . . . .	256
Специальная теория относительности . . . . .	268
Понятие пространства-времени . . . . .	278
$E = mc^2$ . . . . .	292
Общая теория относительности . . . . .	304
В поисках черных дыр . . . . .	318
Для дальнейшего изучения . . . . .	332

# ВВЕДЕНИЕ

**В** 1980 году преподаватели из института математических исследований университета Гренобля предложили группе детей решить следующую загадку:

*В лодке 26 овец и 10 коз; сколько лет капитану?*

Странный вопрос. Какое отношение возраст капитана имеет к количеству овец и коз? Из почти двухсот опрошенных в возрасте от семи до восьми лет 75% респондентов ответили без каких-либо сомнений. Многие просто сложили представленные числа и получили 36. Но, когда детям в возрасте от девяти до десяти лет предложили ту же загадку, большинство из них начали протестовать или даже отказались отвечать. Только 20% ответили безоговорочно. За два года их критический настрой обострился. Эти дети стали проницательнее и начали сомневаться в смысле того, что они делают.

В их возрасте, должен признаться, я получал особое удовольствие от загадок-ловушек. Таких, которые заставляют мозг кипеть и которые, по сути, скорее шутки, чем

## ВВЕДЕНИЕ

математические задачи. Одна из моих любимых звучит так:

*Оркестр из 50 музыкантов исполняет Симфонию № 9 Бетховена за 70 минут. За какое время оркестр из 100 музыкантов сыграет ту же симфонию?*

Конечно, продолжительность симфонии не зависит от количества музыкантов, 70 минут так и останутся 70 минутами. Мне очень нравилась еще и эта загадка: *что тяжелее: килограмм ваты или килограмм железа?* Конечно, ни то, ни другое, поскольку они весят одинаково — килограмм.

Чего я не знал, так это того, что укрощение смысла вещей может привести гораздо дальше, чем я себе представлял. Чем дальше я продвигался, тем больше замечал тонкости в значении слов и пробелы в моем понимании мира. Конечно, взрослые уже не попадают в те же ловушки, что и дети. Но было бы неверно полагать, что мы защищены от других заблуждений, подстерегающих нас. Наша интуиция может нас обмануть, а факты оказаться ложными. В свои 35 лет я могу сказать, что с самой начальной школы в моей жизни не было и года, чтобы я не осознавал, что ошибаюсь в том, что, как мне казалось, хорошо знаю.

Если мы хотим понять мир и окружающую нас действительность, то рискуем сбиться с толку. В глубине души великие ученые нашей истории мало чем отличались от детей, которые отказались назвать возраст

## ВВЕДЕНИЕ

капитана. Ученые сомневались в том, что у них перед глазами, и стремились увидеть больше. Они восставали против установленного порядка. Наука — замечательная почва для сомнений, а математика — один из самых мощных инструментов.

Заниматься математикой — как заглянуть за кулисы мира. Украдкой понаблюдать за гигантскими винтиками, которые вращают нашу Вселенную. Зрелище ослепительное, но и разрушительное. Реальность бросает вызов нашим чувствам и интуиции. Все оказывается не тем, чем нам представляется. Действительность переворачивает наши убеждения с ног на голову, а самые, казалось бы, очевидные вещи, сметает с доски. Самые безобидные детали способны скрывать великие тайны, а детские загадки иногда могут оказаться намного глубже.

Вот еще одна:

*Если четыре курицы откладывают четыре яйца за четыре дня, то сколько яиц откладывают восемь куриц за восемь дней?*

Я дам вам время на размышления, мы еще к ней вернемся. О чем я никогда и подумать не мог, так это о том, что эта загадка, которую я впервые услышал в десять лет, поможет мне понять самую известную формулу всех времен.

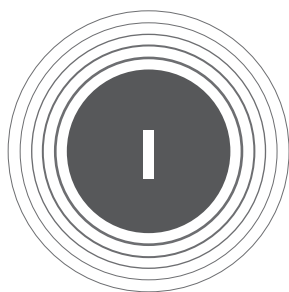
Поэтому, если вы согласитесь ненадолго со мной остаться, я предложу вам отправиться в путешествие. Нам могут повстречаться некоторые трудности, ведь нельзя изменить свое мышление по щелчку пальцев. На нашем пути попадутся сомнения, которые придется преодолеть,



## ВВЕДЕНИЕ

и появятся мысли, которые придется оставить созреть. Но не сдавайтесь — потраченные усилия будут вознаграждены тысячекратно, когда вас наконец осенит. На следующей странице начинается наше путешествие по математике, в котором мы откроем некоторые из самых красивых скрытых механизмов нашего мира. Поднимите на мгновение ваши глаза и оглядитесь: возможно, после нашего знакомства вы перестанете воспринимать мир, ваш мир, таким образом.

ЧАСТЬ



ЗАКОН  
СУПЕРМАРКЕТОВ

# ЗАКОН БЕНФОРДА

**М**атематические приключения иногда встречаются в самых безобидных местах.

Давайте начнем наше путешествие в супермаркете на углу, всего в шаге от вашего дома. В нем вы обычно делаете покупки — неважно, гигантский это торговый центр или деревенский мини-маркет; главное, чтобы там были самые разные товары первой необходимости, которые мы покупаем каждый день.

Обычный магазин. Вы бывали здесь уже сотни, может, даже тысячи раз. Ряды полок, проходы, ровный ритм считывания штрихкодов на кассах и клиенты, которые бродят вокруг, машинально хватая то бутылку молока, то консервную банку. Но сегодня мы ничего не покупаем. Мы наблюдаем.

Здесь спрятан один из самых интригующих математических самородков. Он всегда был тут — прямо у вас перед носом. И он даже не скрывается, вы видите его прямо сейчас. Небольшая аномалия. Пустяковая деталь, которая

## ЗАКОН БЕНФОРДА

не привлекает внимания, тем не менее может вызвать подозрение у опытных наблюдателей. Достаньте блокнот или смартфон, нам он понадобится для заметок, и давайте начнем наше расследование.

Посмотрите на цены, выстроившиеся в ряд на полках. €2,30... €1,08... €12,49... €3,53... все эти числа кажутся совершенно случайными, если их быстро читать одно за другим. €1,81... €22,90... €0,64... цены варьируется от нескольких центов до нескольких десятков евро. Но мы не будем заострять внимание на деталях. Забудьте о запятых и сотых долях.

На каждом ценнике смотрите только на первую цифру, самую важную — она дает нам первое, приблизительное представление о цене. (Такие цифры в математике называют «значащими»).

Вот 530-граммовая банка консервированной брюссельской капусты за €1,54. Отметьте в вашем блокноте 1. Чуть дальше дезодорант, действующий 24 часа, за €3,53. Отметьте 3. 250 граммов камамбера за €1,81. Еще одна 1 в вашем блокноте. Сковорода с антипригарным покрытием за €45,90 — здесь мы перевалили за десятку, но, несмотря ни на что, сосредоточиваемся только на первой цифре. Отмечаем 4. Пакет жареного арахиса за €0,74. В этот раз первая значащая цифра — 7.

Так, несколько минут блуждая по магазину, мы набрали цифры. 1 3 1 4 7 9 2 2 1 7 9 8 1 1 3 1 1 1 8 1 1 2 1 2 1 1 9 1 4 7 1 6 1 5 9 2 2 1 3 2 2 2 1 2 2 6...

Но отмеченные вами цифры вызывают смутное сомнение. Вам не кажется, что в этой череде что-то не так?

## ЧАСТЬ I. ЗАКОН СУПЕРМАРКЕТОВ

Некий дисбаланс. Она преимущественно состоит из 1 и 2, перемежаясь то тут, то там 3, 4, 5, 6, 7, 8 и 9. Как будто мы, сами того не осознавая, обращали наше внимание на самые низкие цены. Так не пойдет.

Так что давайте поступим как добросовестные статистики. Оставим в стороне наши предубеждения и выберем систематический метод. Мы случайным образом укажем на несколько полок и выпишем значимые цифры со всех товаров без исключения. Да, это трудоемкая задача, но мы должны разобраться с ней до конца.

Через час страницы вашего блокнота покрыты рядами цифр. Пришло время подвести итоги. После подсчета вердикт не подлежит обжалованию, и тенденция подтвердилась. Вы перечислили цены на более чем тысячу товаров, и почти треть из них начинается с 1! Чуть больше четверти начинается с 2, и чем больше цифра, тем реже она встречается.

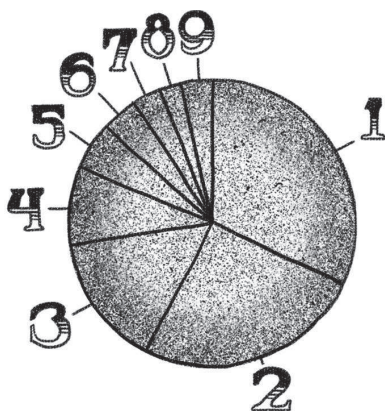
После компиляции мы пришли к следующим результатам\*.

В этот раз мы не можем сослаться на случайность или предвзятый выбор товаров. У нас есть доказательства, а потому надо признать факт: первые цифры цен в супермаркете распределены неравномерно. Преобладают — со значительным отрывом — небольшие цифры.

---

\* Эти данные собраны автором в январе 2019 года, согласно описанному выше методу, на основе учета 1226 товаров. Результаты таковы: цифра 1 — 391 товар (31,9%), цифра 2 — 315 (25,7%), цифра 3 — 182 (14,8%), цифра 4 — 108 (8,8%), цифра 5 — 66 (5,4%), цифра 6 — 50 (4,1%), цифра 7 — 40 (3,3%), цифра 8 — 30 (2,4%), цифра 9 — 44 (3,6%). — *Здесь и далее примечания автора, если не указано иное.*

## ЗАКОН БЕНФОРДА



Откуда этот дисбаланс? Вот вопрос, который я хотел бы вам задать. Какому закону супермаркетов, торговли или экономики подчиняются эти ценники, чтобы дать такое странное, такое неравномерное распределение первых цифр? Разве математика не должна относиться ко всем цифрам\* одинаково — без предвзятости, без предпочтений, без фаворитов? И все же факты налицо и категорически утверждают обратное: в супермаркете у математики есть любимчики — цифры 1 и 2.

Мы провели наблюдение. Мы установили закономерность. Теперь нам остается только подумать над ней, проанализировать и разобраться. У нас есть факты, и мы должны провести расследование и сделать свои выводы.

В марте 1938 года американский инженер и физик Фрэнк Бенфорд опубликовал статью «Закон аномальных

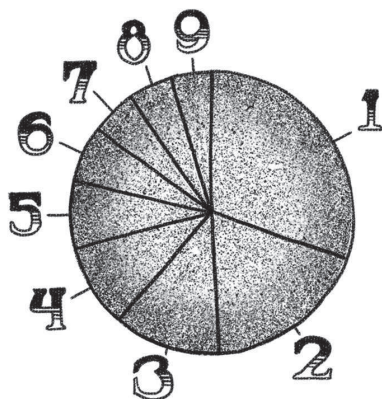
---

\* Формально формулировка «значение цифры» математически безграмотна: значение есть у числа, у цифры — нет. Цифра — способ записи числа. — Прим. ред.

## ЧАСТЬ I. ЗАКОН СУПЕРМАРКЕТОВ

чисел» (The Law of Anomalous Numbers), в которой он проанализировал числовые данные, полученные из более чем двадцати тысяч источников различного происхождения. В его таблицах можно найти список длин рек из разных частей земного шара, население разных городов США, атомные массы известных элементов, числа, случайно наблюдаемые в газетах, или математические константы. И по всем этим данным Бенфорд делает тот же вывод, что и мы: первые цифры распределены неравномерно. Около 30% проанализированных чисел начинаются с 1, 18% — с 2, и чем больше цифра, тем реже она встречается; так, только 5% чисел начинаются с 9.

Бенфорду не пришла в голову идея проверить свою статистику в магазине. Но согласитесь: его результаты удивительно похожи на наши. Конечно, есть некоторые различия в процентах, но в общих чертах совпадение поразительно.



Исследование Бенфорда показало, что собранные нами данные — далеко не единичный пример. Они