

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ, с. 11

МГНОВЕНИЯ



**I. МИМОЛЕТНОЕ
ВЕЩЕСТВО ВРЕМЕНИ,**
где математический анализ
исполняет желание
С. 19



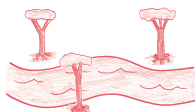
II. ВЕЧНО ПАДАЮЩАЯ ЛУНА,
где математический анализ
объясняет космос
С. 31



**III. РАДОСТИ ПОЛЕТА
БУТЕРБРОДА,**
где математический анализ
западает в душу
С. 43



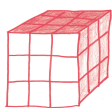
IV. УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ЯЗЫК,
где математический анализ
приносит прибыль
С. 55



**V. КОГДА МИССИСИПИ
ТЕКЛА НА МИЛЛИОН МИЛЬ,**
где математический анализ
проказничает
С. 67



**VI. ШЕРЛОК ХОЛМС
И НЕПРАВИЛЬНЫЙ
ВЕЛОСИПЕД,**
где математический анализ
разгадывает загадку
С. 79



**VII. БИОГРАФИЯ
МАССОВОГО
УВЛЕЧЕНИЯ,
У КОТОРОЙ НЕТ АВТОРА,**
где математический
анализ прокладывает
курс на карте моды

С. 89



**VIII. ТО, ЧТО ВЕТЕР
ОСТАВЛЯЕТ
ПОСЛЕ СЕБЯ,**
где математический
анализ загадывает
загадку

С. 101



**IX. ТАНЦЫ
С ПЫЛЬЮ,**
где математический
анализ препятствует
ботанику

С. 111



**X. ЗЕЛЕНОВОЛОСАЯ
ДЕВУШКА
И МНОГОМЕРНАЯ
УЛИТКА,**
где математический
анализ обходит мужа

С. 123



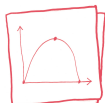
**XI. ПРИНЦЕССА
С ГОРОДСКОЙ
ОКРАИНЫ,**
где математический
анализ заявляет
о праве собственности
на часть пляжа

С. 135



**XII. ЗЕМЛЯ,
ОПУСТЕВШАЯ
ИЗ-ЗА СКРЕПОК,**
где математический
анализ приводит
к апокалипсису

С. 145



**XIII. ПОСЛЕДНЯЯ
УСМЕШКА КРИВОЙ,**
где математический
анализ переделывает
налоговую политику

С. 157



**XIV. ЭТО ТВОЙ
ПЕС-ПРОФЕССОР,**
где математический
анализ возносит
собаку до статуса
звезды

С. 171



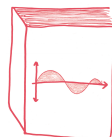
XV. ПОСЧИТАЕМ!
где математический
анализ разрешает все
проблемы навсегда

С. 183

ВЕЧНОСТИ



**XVI. В ЛИТЕРАТУРНЫХ
КРУГАХ,**
где математический анализ
режет огурец
С. 195



**XVII. ВОЙНА,
МИР И ИНТЕГРАЛЫ,**
где математический анализ
производит революцию
в исторической науке
С. 205



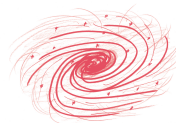
**XVIII. ЛИНИЯ ГОРОДСКОГО
ГОРИЗОНТА РИМАНА,**
где математический
анализ занимается
проектированием города
С. 217



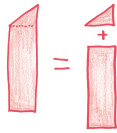
**XIX. ВЕЛИКАЯ РАБОТА
СИНТЕЗА,**
где математический анализ
организует торжественный
обед
С. 229



**XX. ЧТО ПРОИСХОДИТ
ПОД ЗНАКОМ ИНТЕГРАЛА,
ОСТАЕТСЯ ПОД ЗНАКОМ
ИНТЕГРАЛА,**
где математический анализ
расширяет свой набор
инструментов
С. 241



**XXI. ОТКАЗАТЬ
В СУЩЕСТВОВАНИИ ОДНИМ
РОСЧЕРКОМ ПЕРА,**
где математический анализ
стирает 68% известной
Вселенной
С. 251



**XXII. 1994-й,
ГОД, КОГДА РОДИЛСЯ
МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ,**
где математический анализ
проверяет ваш уровень сахара в крови

С. 263



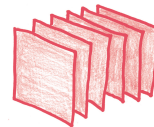
**XXIII. ЕСЛИ СТРАДАНИЕ
ДОЛЖНО ПРИЙТИ,**
где математический анализ
измеряет вашу душу

С. 273



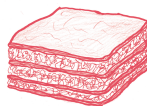
XXIV. СРАЖЕНИЕ С БОГАМИ,
где математический анализ
защищает от нашествия
римлян

С. 283



XXV. ИЗ НЕВИДИМЫХ СФЕР,
где математический
анализ посещает четвертое
измерение

С. 295



**XXVI. ПАХЛАВА
ИСПОЛИНСКИХ РАЗМЕРОВ,**
где математический
анализ — просто сноска

С. 307



**XXVII. ТРУБИ, ГАВРИИЛ,
ТРУБИ!**
где математический анализ
порождает ересь

С. 319



**XXVIII. СЦЕНЫ
ИЗ НЕВОЗМОЖНОСТИ,**
где математический анализ
раздражает и пугает

С. 331

ЗАМЕТКИ ИЗ КЛАССА

С. 341

БИБЛИОГРАФИЯ

С. 347

БЛАГОДАРНОСТИ

С. 367

Последовало молчание. Через какое-то время он спросил:

— Как ты пришла к этим мыслям о Боге?

— Я искала Бога, — ответила я. — Мне не нужна была мифология, мистика или магия. Я не знала, существует ли Бог на самом деле, но хотела узнать. Бог должен быть силой, которую не может отрицать никто и ничто.

— Чтобы совершать изменения?

— Да, изменения.

— Но это не Бог. Это не человек, не интеллект и даже не вещь. Это просто... Я даже не знаю. Идея.

Я улыбнулась. Было ли это критическое замечание таким ужасным?

ОКТАВИЯ БАТЛЕР.
ПРИТЧА О СЕЯТЕЛЕ

ВВЕДЕНИЕ

Какой-то миллион дней назад философ Парменид спрашивал: «Что это — несозданное и неразрушимое, единственное, завершенное, неподвижное и бесконечное?» Это философия чистой воды. Парменид не признавал никакого разделения, никаких отличий, ни будущего, ни прошлого. «У Бытия нет ни прошлого, ни будущего, — объяснял он, — оно есть чистое настоящее, непрерывное и непрекращающееся». Для Парменида Вселенная была чем-то вроде транспортного потока в Лос-Анджелесе: вечной, единственной в своем роде и неизменной.

– Ничто никогда не меняется.



Миллион дней спустя эта идея продолжает выглядеть очень глупой.

Да ладно тебе, Парменид! Ты можешь убаюкивать нас стихами и засыпать прилагательным, но мы не так легковёрны. Миллион дней назад не было ни буддистов, ни христиан, ни мусульман, потому что ни Будда, ни Иисус, ни Магомет еще не роди-

лись. Миллион дней назад итальянцы не ели томатный соус, потому что современной Италии* не существовало, а ближайшее место, где росли помидоры, было в десяти тысячах километров. Миллион дней назад по Земле ходило 50 или 100 миллионов человек; сегодня такое количество людей каждый год посещает тематические парки Диснея.

На самом деле, Парменид, миллион дней назад теми же самыми, что и сегодня, были только две вещи: (1) вездесущность изменений и (2) глубокомысленная и безнадежная неправильность твоей философии.

Парменид в последний раз упоминается в этой книге (хотя его преданный ученик Зенон еще появится позже). «Счастливого избавление от одетых в тоги неудачников», — сказал бы я. А теперь мы перенесемся через время, минуя более мудрого современника Парменида, Гераклита («нельзя войти в одну реку дважды»), чтобы оказаться в конце XVII в., каких-то 120 000 или 130 000 дней назад. Именно тогда ученый по имени Исаак Ньютон и энциклопедист Готфрид Лейбниц дали жизнь главному действующему лицу этой книги. Это был новый математический язык, язык изменений, попытка количественно оценить те движения и процессы, которые постоянно происходят вокруг нас на Земле.

Сегодня мы называем такую математику «математическим анализом».

Первый инструмент математического анализа — **производная**. Это мгновенный показатель изменения, демонстрирующий нам, как что-то развивается в определенный момент времени. Возьмите, к примеру, точную скорость яблока в то мгновение, когда оно ударило Ньютона по макушке. За секунду до этого фрукт двигался чуть-чуть медленнее, а секундой позже он направился совершенно в другую сторону, как и история всей физики. Но производную не заботит, что было секундой раньше или секундой позже. Она указывает только на *этот момент*, на бесконечно малый отрезок времени.

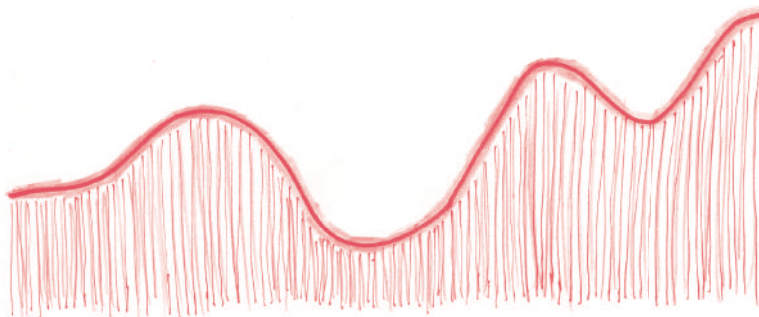
* Имеется в виду, безусловно, государство в нынешних границах. Впрочем, названия «Италия» тогда еще тоже не существовало — оно появилось на пару столетий позднее. — *Прим. науч. ред.*



Второй инструмент математического анализа — **интеграл**. Это сумма бесконечных кусочков времени, каждый из которых чрезвычайно мал. Интеграл показывает, как можно объединить ряд дисков, каждый из которых по толщине напоминает самую тонкую пленку, так, чтобы создать твердое тело — сферу. Или как группа людей, крошечных и ничтожных, как атомы, может собраться вместе и создать целую цивилизацию. Или как ряд моментов, каждый из которых сам по себе продолжается ноль секунд, может составить час, столетие, вечность.

Каждый интеграл говорит о всей совокупности целиком, о галактических масштабах, которые каким-то образом могут попасть в панорамные объективы нашей математики.

Производная и интеграл имеют заслуженную репутацию как специализированные математические инструменты. Но я считаю, что они могут дать нам больше. Мы с вами словно крошечные суденышки, которые несет по волнам, захватывает в водовороты и бросает на скалы. Производная и интеграл, как я утверждаю, — это карманные философские системы, раз-



движные весла для того, чтобы проложить путь через выходящую из берегов мировую реку.

Таким образом, эта книга является попыткой извлечь мудрость из математики.

В первой части — «Мгновения» — мы узнаем истории о производных. Каждая из них выхватывает момент из журчащего потока времени. Мы рассмотрим миллиметр лунной орбиты, крошку намазанного маслом бутерброда, беспорядочное движение пылинки и молниеносные решения, которые принимает собака. Если сравнить производную с микроскопом, то каждая из этих историй — тщательно выбранное изображение на предметном стекле, явление в миниатюре.

Во второй части — «Вечности» — мы обратимся к интегралу и его способности объединять бесконечно малые частицы в единый поток. Мы будем иметь дело с кругом, состоящим из крошечных частичек, с армией из несметного количества солдат, линией горизонта, образованной неотличимыми друг от друга строениями, и космосом, наполненным миллиардами триллионов звезд. Если уподобить интеграл кинотеатру, то каждая из этих историй — широкомасштабная эпическая поэма, которую вы *должны* смотреть в кино. Телевизора здесь будет недостаточно.

– Говорят, нельзя войти в одну реку дважды.



– И это так, потому что ты уже в ней и никогда не сможешь выйти за ее пределы.

Я хочу сразу разъяснить, что книга, которую вы держите в руках, не научит вас математическому анализу. Это не структурированный учебник, а многоликий и скромно иллюстрированный «сборник фольклора», написанный обычным, не специальным языком для широкого круга читателей. Возможно, вы совершенно не знакомы с математическим анализом, а, может быть, плотно им занимаетесь, но я надеюсь, что эти истории в любом случае позабавят вас и станут небольшим откровением.

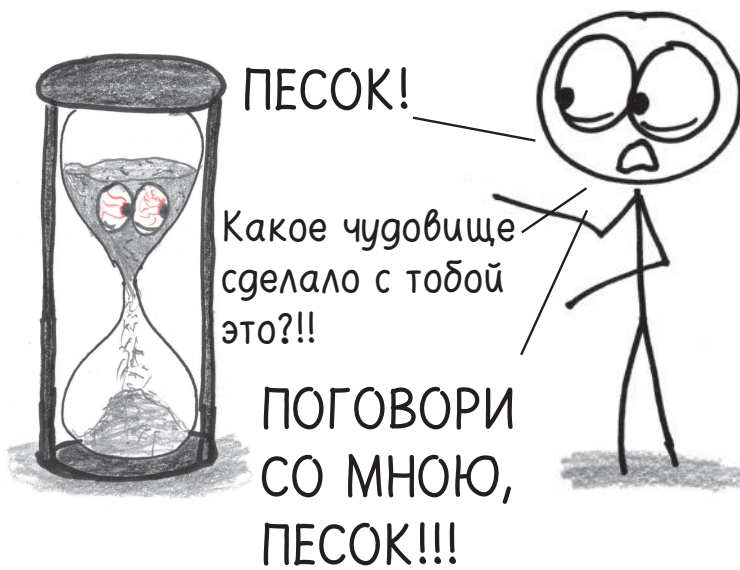
Эту книгу никоим образом нельзя считать законченной: в ней нет историй об искривлении света Ферма, тайной анаграмме Ньютона, невозможных функциях Дирака и многом другом. Но в постоянно меняющемся мире никакое сочинение не может быть исчерпывающим, никакая мифология не заканчивается. Река всегда течет и меняется.

БЕН ОРЛИН,
ДЕКАБРЬ 2018 Г.

Момент перемен — это единственная поэма.

АДРИЕННА РИЧ

МГНОВЕНИЯ



ПЕСОК!

Какое чудовище
сделало с тобой
это?!!

ПОГОВОРИ
СО МНОЮ,
ПЕСОК!!!

МГНОВЕНИЕ I

Время требует еще одной жертвы

I

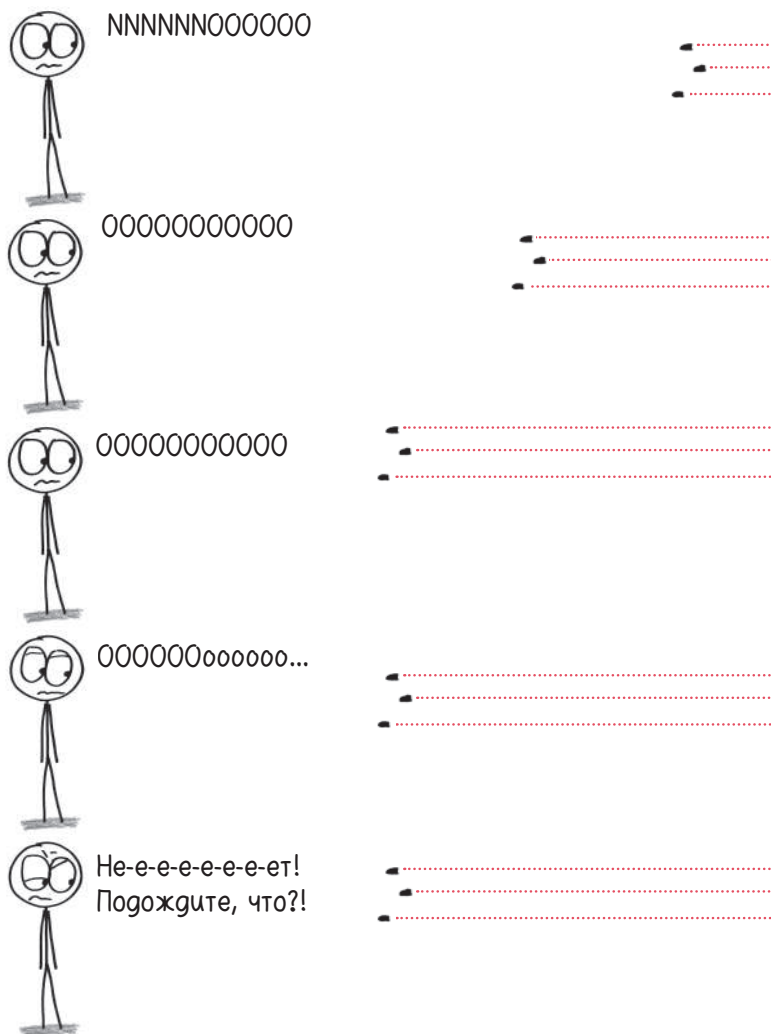
МИМОЛЕТНОЕ ВЕЩЕСТВО ВРЕМЕНИ

Яромир Хладик написал несколько книг, но они не принесли ему удовлетворения. В одной он видел «всего лишь прилежание»*. Другую характеризовали «небрежность, вялость, неточность». Третья пыталась доказать несостоятельность ошибочной идеи, но делала это с помощью «не менее ложных доказательств». Я сам давал жизнь лишь книгам, безупречным и сверкающим не более, чем рекламные ролики зубной пасты, но все же могу глубоко ему посочувствовать, особенно небольшому лицемерию, которое помогало Хладиду в повседневной жизни. «Подобно всякому писателю, — говорит Хорхе Луис Борхес, — он судил о других по их произведениям, но хотел, чтобы о нем судили по замыслам».

А что же было в планах у Хладика? О, Хладик рад, что вы спросили! Он пишет драму в стихах «Враги», и ей предстоит стать никак не меньше, чем шедевром. Она войдет в его наследие, усмирит его шурина и даже вернет «фундаментальный смысл бытия». Но только если ему удастся преодолеть небольшое препятствие — ну знаете, написать ее.

Здесь я хочу извиниться перед читателями, потому что история принимает мрачный оборот. Хладика — еврея в захваченной фашистами Праге — арестовывает гестапо. За судом на скорую руку следует смертный приговор. Накануне казни герой обращается к Богу:

* Здесь и далее цит. по: Борхес Х. Л. Вымышленные истории / Пер. В. С. Кулагиной-Ярцевой. — М.: Амфора, 1999. — С. 178–188.



Если я не одна из Твоих ошибок и повторений, если я существую на самом деле, то существую лишь как автор «Врагов». Чтобы окончить драму, которая будет оправданием мне и Тебе, прошу еще год. Ты, кто владеет временем и вечностью, дай мне этот год!

Проходит бессонная ночь, наступает рассвет — время казни — и, когда сержант уже отдает последний приказ расстрель-

ной команде, когда Хладик замирает в преддверии смерти, когда кажется, что все уже безвозвратно потеряно... Вселенная застывает.

Господь даровал Хладиду тайное чудо. Это единственное мгновение с каплей, скатывающейся по его щеке, и смертоносными пулями, повисшими в воздухе, увеличилось, растянулось, расширилось. Мир остановился, но мысли героя нет. Теперь Хладик может закончить свою драму, составляя и доводя до совершенства строки в своем сознании. Этот момент будет длиться год.

Сейчас, на переломе судьбы, которой никто не мог бы позавидовать, Хладик получает подарок, способный стать предметом зависти любого.

«Цель каждого художника, — однажды написал Фолкнер, — художественными средствами остановить [на картине] течение самой жизни и закрепить его». (Разумеется, сам Хладик является плодом фантазии писателя Хорхе Луиса Борхеса.) «Tempus fugit», — писал Исаак Ньютон, что означает: время бежит. «Tempus fugit, — заявляли средневековые солнечные часы, — время бежит». Хотя наши цели различаются, все мы — художники, ученые и даже те болтливые невежды, которых мы зовем «философами», — охотимся за одним и тем же невероятным призом. Мы хотим поймать время, удержать в руках мгновение так, как это сделал Хладик.



стрела в один момент



стрела в другой момент



стрела еще в один момент

Так когда же стрела движется?

Увы, время уклоняется и ускользает. Вспомните знаменитый «парадокс стрелы» от неисправимого греческого тролля Зенона Элейского.

Идея: представьте себе стрелу, летящую в воздухе. Теперь мысленно остановите ее, как это произошло при расстреле Хладика. Стрела по-прежнему движется? Нет, конечно, нет — стоп-кадр по определению является застывшим. В любой отдельно взятый момент стрела неподвижна. Но если время состоит из моментов, а ни в один момент стрела не движется... тогда как же она может двигаться?

Философы в Древнем Китае играли в подобные игры разума. «То, что не поддается измерению, не может быть собрано в целое, — писал один из них. — Оно имеет размер в тысячу километров». В математическом смысле мгновение *не имеет измерений*. Оно не обладает ни длиной, ни протяженностью. Оно длится ноль секунд. Но, поскольку ноль, умноженный на ноль, равен нулю, два мгновения также составляют нулевое время. Это же относится и к десяти мгновениям, и к тысяче, и к миллиону. Получается, что любое исчисляемое количество мгновений будет в целом продолжаться ноль секунд.

Однако если никакое количество мгновений никогда не складывается ни в какое время, то откуда взялись месяцы, годы и матчи по крикету? Как стремящиеся к нулю мгновения составляют бесконечную временную линию?

Вирджиния Вульф отмечала, что время «заставляет растения и животных расцветать и увядать с потрясающей пунктуальностью». Но «не оказывает такого простого эффекта на сознание

Просто подожди одну или две секунды.

Сколько? Одну или две?



О, СИЗИФОВ ТРУД!

В КАЖДЫЙ МОМЕНТ — ОГРОМНЫЙ ВАЛУН!



человека. Более того, его разум работает с одинаковой странностью, независимо от того, в каком времени находится тело».

Мы охотимся за моментами истории, уродуя время. С помощью песочных часов и размеченных свечей мы поделили день на часы. С помощью маятников и передаточных механизмов разбили часы на минуты (слово «минута» означает «малая» [часть часа]) и после этого — на секунды (более мелкая единица второго порядка, мельчайшая часть минуты). Далее мы разложили время на миллисекунды (половина взмаха крыльев мухи), микросекунды (яркий проблеск стробоскопа) и наносекунды (за каждую из которых свет совершает путешествие на 30 сантиметров), не говоря уж о пико-, фемто-, атто-, зепто- и йоктосекундах. Затем поток названий истощился, предположительно потому, что у доктора Сьюза кончились идеи, но мы продолжаем «мельчить» время. В конце концов вечность распадается на единицы планковского времени, составляющие примерно одну миллиардную триллионной доли йоктосекунды, или количество времени, необходимое для того, чтобы свет прошел $\frac{1}{100 \text{ ппк} \text{ опп} \text{ асо} \text{ ппп} \text{ ооп} \text{ асо}}$ пути через протон. Ни один инструмент не может выйти за пределы этой максимальной краткости: физики настаивают, что это наименьшая значимая единица времени, насколько мы можем его понимать (или, как я, не понимать).

Где же, где же ты, мгновение? Где-то за планковским временем? Если мы не можем ни собрать моменты в интервалы, ни разбить интервалы на моменты, так чем же тогда являются эти невидимые, неделимые вещи? Пока я пишу книгу в обычном мире бегущего времени, в каком же искрящемся немире создает свое произведение Хладик?

В XI в. математики впервые нащупали ответ на этот вопрос. В то время как европейские мудрецы рвали на себе волосы, пытаясь рассчитать дату Пасхи, индийские астрономы занимались предсказанием солнечных затмений. Им требовалась ювелирная точность. Астрономы начали членить единицы времени так давно, что прошло почти 1000 лет, прежде чем появились какие-то приборы, которые могли бы их измерить. Одна *трути* равна менее чем 1/30 000 секунды.

Эти бесконечно малые частицы времени проложили дорогу к понятию, которое называется *таткалика-гати* — мгновенное движение. Как быстро и в каком направлении движется Луна в данный конкретный момент?

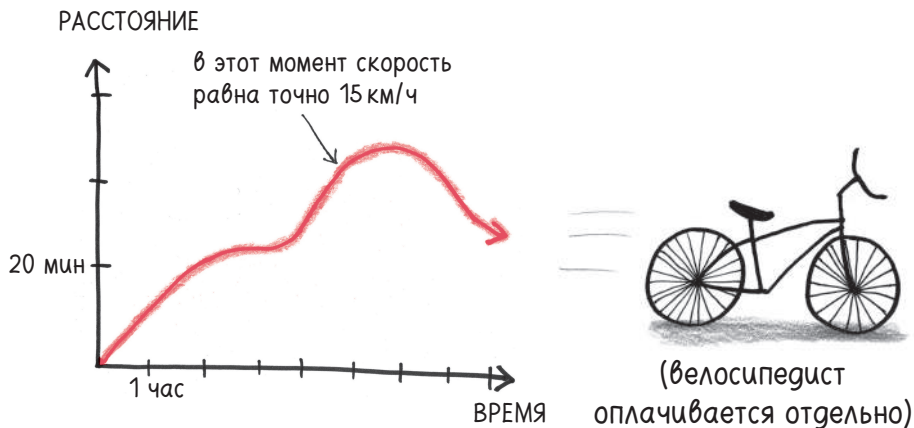
А что насчет этого момента?

А как сейчас?

А сейчас?

В наши дни *таткалика-гати* известна под более скучным названием — производная.

Возьмем движущийся велосипед. Производная измеряет, как быстро изменяется его положение, то есть скорость велосипеда в отдельно взятый момент. На графике внизу это отражается в кривизне линии. Более крутая кривая указывает на более быстрый велосипед и, таким образом, большую производную.



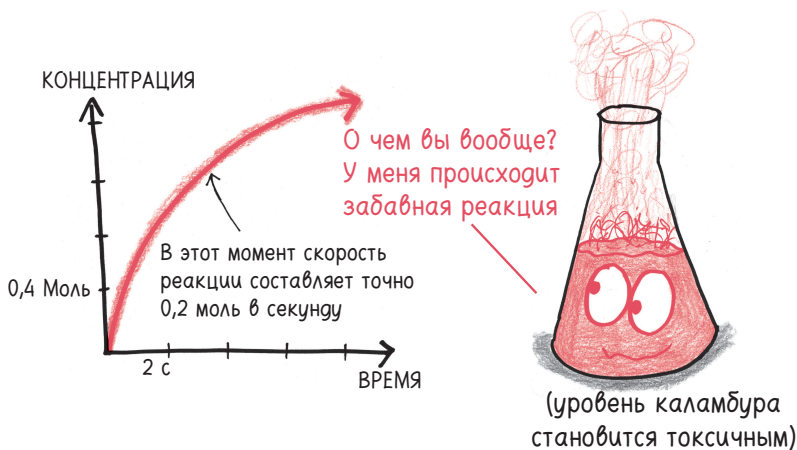
Конечно, в любой отдельно взятый момент велосипед, как и стрела Зенона, неподвижен. Таким образом, мы не можем рассчитать производную в застывшем кадре. Вместо этого мы работаем с помощью сокращения интервала. Во-первых, определим скорость велосипеда в десятисекундный интервал, затем попробуем интервал в одну секунду, затем — 0,1 секунды, 0,01 и 0,001...

Таким хитрым способом мы незаметно подкрадываемся к мгновению, подступаем все ближе, ближе и ближе, пока рисунок не прорывается совершенно явственно.

НАЧАЛО	КОНЕЦ	СКОРОСТЬ
12:00:00	12:00:10	39 км/ч
12:00:00	12:00:01	39,91 км/ч
12:00:00	12:00:00.1	39,98 км/ч
12:00:00	12:00:00.01	39,997 км/ч
И точно в полдень		40 км/ч

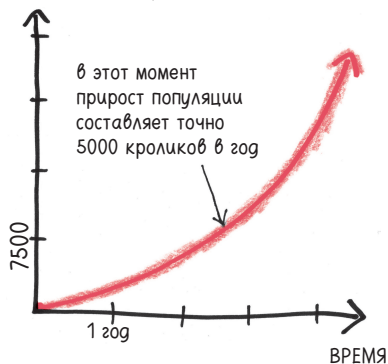
Для другого примера возьмем реакцию синтеза, когда два элемента соединяют свои молекулы, чтобы создать новый химический элемент. Производная измеряет, как быстро растет концентрация вещества, то есть скорость реакции в отдельно взятый момент.

Или представим себе остров, переполненный кроликами. Производная измеряет, насколько быстро меняется раз-



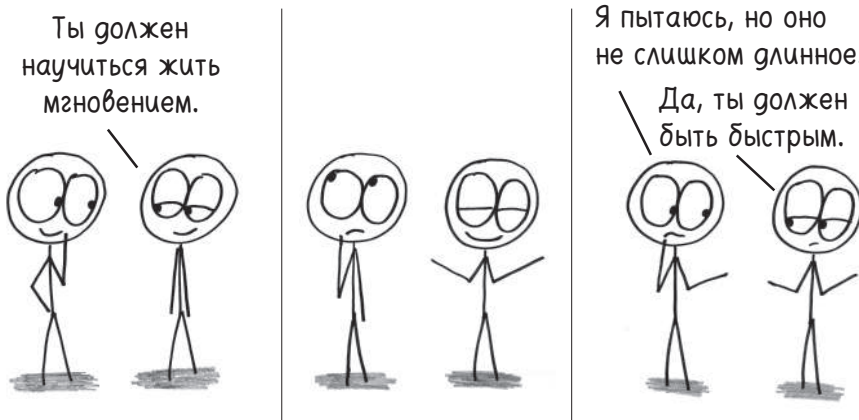
мер популяции, то есть скорость ее роста в данный конкретный момент. (Для этого графика мы должны на непродолжительное время принять выдумку о «дробных кроликах», но если ваша вера в невероятное зашла столь далеко, то, я уверен, вы справитесь с любой задачей.)

РАЗМЕР ПОПУЛЯЦИИ



(вред, который приносят эти очаровательные зверьки)

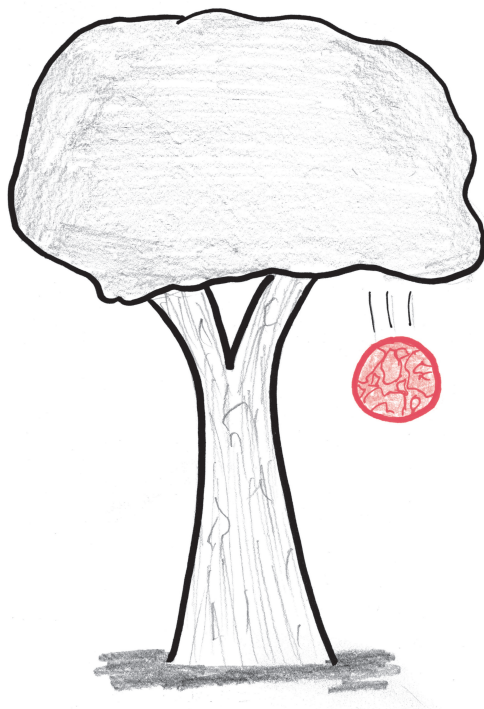
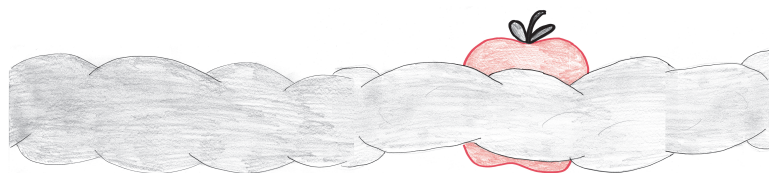
Этот «хлеб с маслом» всех математиков странным образом похож на поэтическую фантазию. Производная — «мгновенное изменение», она захватывает движение в отдельный момент, как будто ловит молнию в бутылку. Это отрицание Зенона, который сказал, что в отдельно взятое мгновение ничего случиться не может, и оправдание Хладика, который верил, что за один момент может произойти все что угодно.



Теперь, вероятно, вы можете себе представить, как закончилась история Хладика. 12 месяцев он сочинял свою пьесу. «Он трудился не для потомства, — говорит Борхес, — даже не для Бога, чьи литературные вкусы были ему неведомы». Он писал для себя. Он работал, чтобы удовлетворить то, что Томас Вулф считал вечной жаждой художника:

...Навечно закрепить в нерушимых структурах единственный момент человеческого бытия, единственный момент красоты жизни, страсти и неопишемого красноречия, который проходит, загорается и гаснет, всегда просачиваясь сквозь наши пальцы с течением песчинок времени, навсегда ускользающих от нашей отчаянной хватки, ибо река течет и удержать ничего нельзя.

Хладик удалось удержать реку. Не имеет никакого значения, что «Врагов» никто никогда не прочтет или что пули через краткий промежуток времени возобновят свой путь. Важно только то, что он дописал книгу, которая теперь будет существовать всегда, в этот единственный момент, который сам по себе является вечностью.



МГНОВЕНИЕ II

Исаак Ньютон принимает Луну за яблоко и наоборот

II

ВЕЧНО ПАДАЮЩАЯ ЛУНА

Исаак Ньютон был любопытным ребенком. Здесь под «любопытным» я подразумеваю «жадным до знаний», а также «очень странным». В одной из историй говорится, что чтение так захватывало юного гения, что его домашняя кошка растолстела, подъедая нетронутые завтраки, обеды и ужины. Или вспомните о том, как он впервые провел исследование по оптике. Встречали ли вы когда-нибудь настолько любопытного ребенка, чтобы он рискнул своим зрением ради проблеска истины? В своем дневнике Ньютон писал: «Я брал шпильку [палочку с тупым концом] и вдавливал ее между глазом и костью, как можно ближе к боковой части глаза. Нажатие... приводило к появлению нескольких светлых, темных и цветных кругов».

Ага! Небольшая боль от этого фрукта подтолкнула меня к великолепному прозрению!



МИФ

ЗАЧЕМ ТЫ СУЕШЬ ЭТУ ШТУКУ СЕБЕ В ГЛАЗ?



Да не волнуйся, мама, это же наука!

РЕАЛЬНОСТЬ

Жаль, но сегодня мы редко вспоминаем Ньютона как калечащего самого себя владельца тучной домашней кошки. Вме-

сто этого мы помним его как гения, которому на голову упало яблоко.

На самом деле сила воздействия фрукта на его мозг преувеличена. Как рассказывал сам сэр Исаак Ньютон, все, что потребовалось для того, чтобы часы его разума совершили историческое движение, — это быстро промелькнувшее перед глазами падающее яблоко. «Сидя в саду в одиночестве, — вспоминал Генри Пембертон, друг Ньютона, — он начал размышлять о силе тяготения». Падение яблока навело ученого на мысль о том, что, как бы высоко мы ни поднялись — на крышу, на вершину дерева или горы, — притяжение не исчезает. Оно, перефразируя слова Альберта Эйнштейна, является «жутким действием на расстоянии». Вещество Земли, кажется, притягивает вещество других тел, независимо от того, как далеко они находятся.

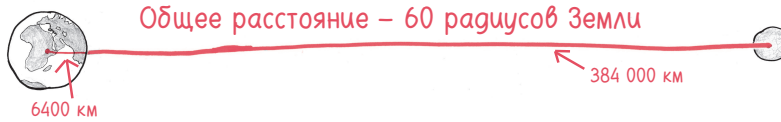
Любопытный молодой человек пошел дальше. (На этот раз никаких булавок, только размышления.) Что, если притяжение простирается дальше вершин гор? Что, если его сила действует гораздо дальше, чем мы можем предположить?

Что, если она достигает Луны?

Аристотель никогда не верил в это. Звезды выстраиваются в идеальный порядок, словно ноты в музыкальной симфонии или родственники моей жены, организующие торжественный обед. Жизнь на Земле — анархия, источник беспорядка, как я, когда устраиваю ужин для друзей. Как эти два королевства могут следовать одним и тем же законам? Какой сумасшедший, пытавшийся выколоть себе глаза, решится объединить земное и небесное?

Весной 1666 г. этот сумасшедший 23 лет от роду отдыхал в тенистом саду своей матери. Он увидел, как падает яблоко, а затем, в порыве вдохновения, представил еще одно падающее яблоко, на этот раз на том расстоянии, где находится Луна. Один маленький шаг для Apple, гигантский скачок для фрукта.

Ньютон приблизительно представлял, о каком расстоянии идет речь: если взять за единицу расстояние от поверхности Земли до ее центра, то Луна находится примерно в 60 таких единицах.



Как может вести себя притяжение при таком огромном удалении?

Даже самые высокие горы не предлагают никакой подсказки. В масштабах космоса, по сравнению с Луной, вершина Эвереста, считай, что вовсе не удалена от поверхности Земли — так, выступает над ней на толщину волоска... Но давайте предположим — с помощью грандиозного и слегка нарушающего ход истории «скачка», — что притяжение ослабевает на больших расстояниях. Чем больше вы удаляетесь, тем слабее его сила. Сейчас я ссылаюсь на знаменитый закон обратного квадрата Ньютона.

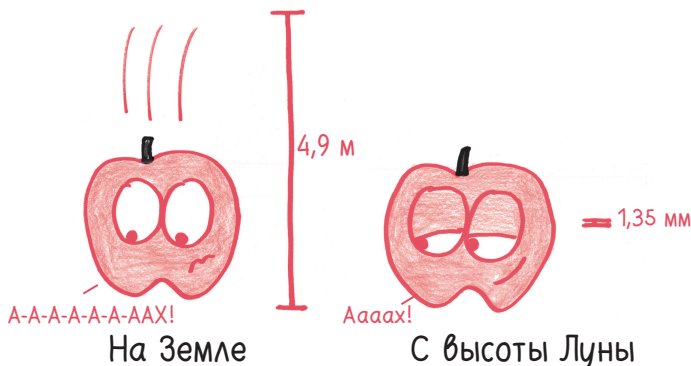
Если расстояние увеличивается вдвое, то сила притяжения составляет $1/4$.

Если возрастает втрое — $1/9$.

При десятикратном увеличении — всего $1/1000$.

Наше великолепное яблоко, путешествующее по космосу, оказавшись в 60 раз дальше от ядра Земли по сравнению со своими висящими на яблоне братьями и сестрами, подвергнется всего $1/3600$ силы притяжения. Если вы никогда не делили на 3600, позвольте мне сообщить: этот процесс делает вещи намного меньше.

Бросьте яблоко у поверхности Земли, и за первую секунду оно упадет на 4,9 м. Это примерно уровень второго этажа здания.

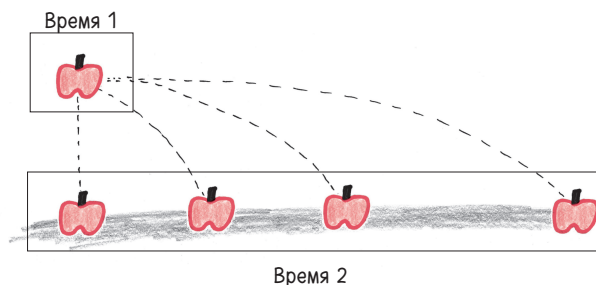


Бросьте «астрояблоко» с высоты, на которой находится Луна, и за первую секунду оно переместится чуть больше чем на один миллиметр. Это толщина прекрасной во всех отношениях кредитной карты.

В те времена движение Луны по орбите оставалось тайной. Считалось, что лучше всего его объясняет вихревая теория Рене Декарта, согласно которой все небесные объекты следуют своими маршрутами благодаря кружащимся, как в водовороте, потокам частиц, словно игрушки в ванне, устремляющиеся к сливу, когда из него вынимают пробку. Но наступило время перемен — *annus mirabilis* Ньютона, его «чудесный год», который «чудесным» же образом растянулся на 18 месяцев. Переживая в Вултсорпе, у матери, эпидемию чумы, свирепствовавшей в Лондоне, Ньютон разработал идеи, которые легли в основу современной математики и физики. Он сформулировал законы движения, раскрыл оптические секреты призмы, не забывал обращать внимание на предметы быта и изобрел математический анализ.

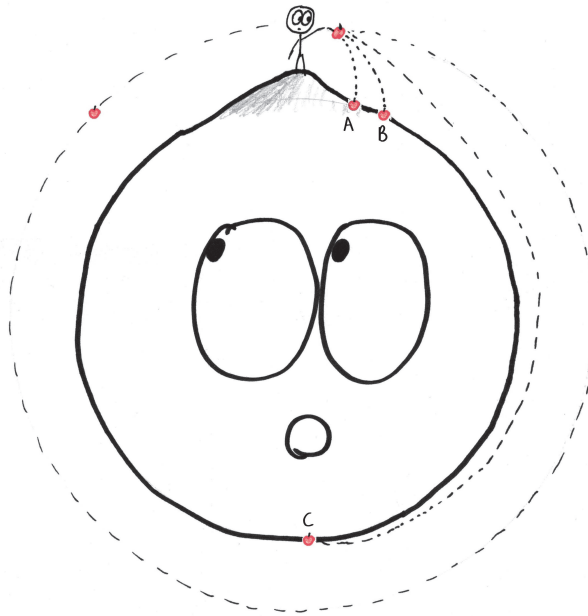
А заодно, благодаря падению яблока, сверг с пьедестала вихри Декарта.

Как знал предшественник и брат Ньютона по духу Галилей, горизонтальное движение не влияет на вертикальное. Оставьте одно яблоко падать строго вертикально, а другое точно такое же яблоко киньте горизонтально в любую сторону, и они ударятся о землю в один и тот же момент. Разумеется, их горизонтальные траектории разойдутся, но вертикальное движение определяется одной и той же единовластной силой — притяжением.



Теперь поднимите свои яблоки на вершину очень высокой горы и бросьте их с силой супермена. Поздравляю! Вы попали в знаменитую иллюстрацию из шедевра Ньютона «Математические начала натуральной философии», демонстрирующую диковинные физические процессы падения с большой скоростью.

Здесь благодаря искривлению земной поверхности наше аккуратное разделение вертикального и горизонтального движения исчезает. То, что в один момент является горизонтальным, в другой становится вертикальным. Чем сильнее бросок, тем дольше продолжается падение.



Бросьте яблоко с силой, как это делает питчер Высшей бейсбольной лиги, и оно пролетит небольшое расстояние, прежде чем упасть на землю. Оно может добраться из точки А в точку В.

Бросьте яблоко *по-настоящему* сильно, как питчер «Ред Сокс» в сторону наглого игрока «Янкиз», и горизонтальное движение уведет фрукт от поверхности Земли, продлив падение. Возможно, он проделает весь путь до точки С.