

№ 4 | апрель 2022

Издаётся Московским Центром непрерывного математического образования

e-mail: kvantik@mscme.ru

ЖУРНАЛ КВАНТИК

ДЛЯ ЛЮБОЗНАТЕЛЬНЫХ

№ 4

апрель
2022

ТЕЛЕСКОП И НЕБО

КАК БУСЕНЬКА
СБРАСЫВАЛА
ПАРОЛЬ

ГЕОГРАФИЯ
ПО-КИТАЙСКИ

Enter ↵

non/fictionN **весна**

Международная ярмарка интеллектуальной литературы

21–24 апреля

Гостиный двор, Москва, Ильинка, 4

Художественная, научная и научно-популярная литература
Книги для детей и детская площадка «Территория познания»

Комиксы

Vinyl Club

Антикварная книга и букинистика

Book Stock

День блогера

0+ **ВЫСТАВОЧНЫЕ ПРОЕКТЫ**
EXPO-PARK

www.moscowbookfair.ru

реклама



1 АПРЕЛЯ ОТКРЫЛАСЬ ПОДПИСКА НА 2-е ПОЛУГОДИЕ 2022 ГОДА

Подписаться на журнал «Квантик» можно по электронной версии Каталога Почты России:

- на сайте Почты России: podpiska.pochta.ru/press/ПМ068
- в почтовых отделениях (у оператора) – подписной индекс ПМ068

О других способах подписки читайте на сайте kvantik.com/podpiska

Журнал «Квантик» № 4, апрель 2022 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, Т. А. Корчемкина,
Е. А. Котко, Г. А. Мерзон, Н. М. Нетрусова,
А. Ю. Перепечко, М. В. Прасолов, Н. А. Солодовников

Художественный редактор
и главный художник Yustas

Верстка: Р. К. Шагеева, И. Х. Гумерова

Обложка: художник Yustas

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 Почты России

(у оператора) по электронной версии Каталога Почты России (индексы ПМ068 и ПМ989)

Онлайн-подписка на сайтах:

- агентства АРЗИ: akc.ru/itm/kvantik
- Почты России: podpiska.pochta.ru/press/ПМ068

По вопросам оптовых и розничных продаж обращаться по телефону **(495) 745-80-31** и e-mail: biblio@mccme.ru

Формат 84x108/16

Тираж: 4000 экз.

Подписано в печать: 10.03.2022

Отпечатано в ООО «Принт-Хаус»

г. Нижний Новгород,
ул. Интернациональная, д. 100, корп. 8.
Тел.: (831) 218-40-40

Заказ №

Цена свободная

ISSN 2227-7986



СОДЕРЖАНИЕ

■ ЧТО ПОЧИТАТЬ?

Телескоп и небо. *В. Сурдин* **2**

Муравьи измеряют расстояние шагами.
А. Марков **12**

■ МАТЕМАТИЧЕСКИЙ КРУЖОК

Его прощальный поклон. *И. Акулич* **8**

■ ЧУДЕСА ЛИНГВИСТИКИ

География по-китайски. *По задаче П. Перцова* **11**

■ ИГРЫ И ГОЛОВОЛОМКИ

Горшочек Евклида. *В. Красноухов* **16**

■ СМОТРИ!

Обобщая сангаку: теорема о четырёх кругах.
Г. Мерзон **18**

■ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ СКАЗКИ

Как Бусенька сбрасывала пароль. *К. Кохась* **20**

■ УЛЫБНИСЬ

Устя или астя? *Н. Константинов* **25**

■ ОЛИМПИАДЫ

Смарт Кенгуру 2021. Избранные задачи **26**

Наш конкурс **32**

■ ОТВЕТЫ

Ответы, указания, решения **28**

■ ЗАДАЧИ В КАРТИНКАХ

Куда пропала тень? *А. Бердников* **IV с. обложки**





Александр Марков

На сайте «Элементы» (elementy.ru) регулярно появляются интересные статьи с популярным изложением новостей науки. Приводим (с небольшими сокращениями) одну из них – рассказ Александра Маркова (по статье М. Витлингера, Р. Венера и Х. Вольфа в журнале «Science» в 2006 году).



Муравьи измеряют расстояние шагами

В 2006 году несколько учёных-энтомологов решили проверить, измеряет ли обитающий в пустыне Сахара муравей *Cataglyphis fortis* пройденное расстояние шагами. Для этого они изменяли насекомым длину ног. Муравьи «на ходулях» недооценивали пройденное расстояние, а муравьи «на культях» считали, что прошли больше, чем на самом деле. Точное определение пройденного расстояния, наряду с «внутренним компасом», необходимо муравьям для вычисления прямого курса при возвращении в гнездо после долгих странствий по лишённой ориентиров пустыне.

«Человек вышел из точки А и прошёл 3 км на север, потом повернул на 35° влево, прошёл ещё 2 км и пришёл в точку Б. В какую сторону ему следует идти, чтобы по прямой вернуться в точку А?»

Даже люди с высшим образованием испытывают затруднения при решении подобных задач, особенно если под рукой нет калькулятора. Многие общественные насекомые, однако, решают такие задачи с удивительной точностью, безошибочно возвращаясь в гнездо кратчайшим маршрутом после долгих странствий с множеством поворотов. Причём для этого им даже не нужны ориентиры. Обитающему в пустыне Сахара муравью *Cataglyphis fortis* на ориентиры рассчитывать вообще не приходится – кругом один песок, а поиски корма в этой безжизненной местности требуют длительных и далёких путешествий.

Для вычисления курса пустынные муравьи используют информацию о длине и направлении каждого пройденного отрезка пути. Направление они определяют по солнцу, как и многие другие животные. А для этого нужно иметь ещё и хороший внутренний хронометр, календарь и «встроенные» в мозг таблицы



Муравей *Cataglyphis* в решении задач по тригонометрии даст фору любому энтомологу (фото с сайта www.ifi.unizh.ch)

движения солнца по небосклону, поскольку это движение отнюдь не равномерно – около полудня, например, направление теней меняется намного быстрее, чем утром и вечером.

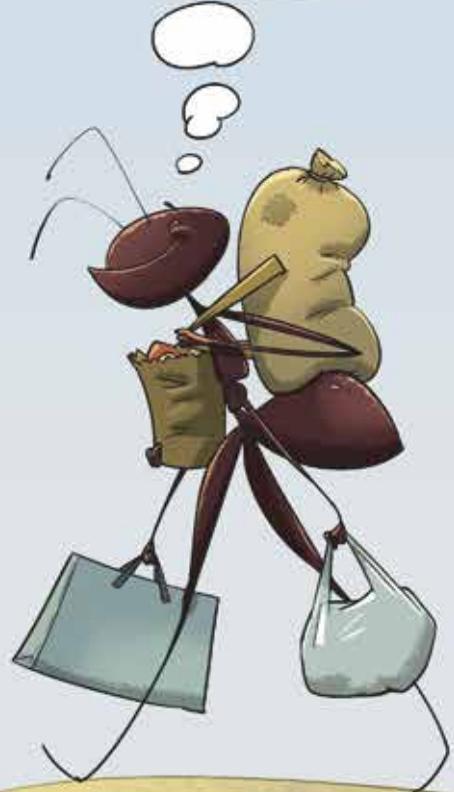
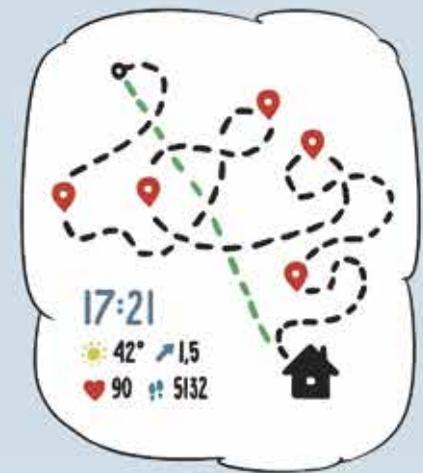
Метод, которым пустынные муравьи определяют пройденное расстояние, до сих пор оставался неизвестным. К ним неприменима «энергетическая гипотеза», согласно которой животные могут определять пройденное расстояние по затраченным усилиям. Ведь муравьи безошибочно прокладывают курс независимо от того, идут они налегке или с грузом. Не пользуются они и методом «зрительного потока», подобно пчёлам, которые оценивают дальность полёта по суммарному количеству «мелькания в глазах». Пустынные муравьи не ошибаются в оценке пройденного пути ни в темноте, ни на искусственных абсолютно гладких поверхностях, где не за что зацепиться взгляду, ни даже лишённые возможности видеть.

Ещё в 1904 году было высказано предположение, что муравьи меряют расстояние шагами, но лишь век спустя эту гипотезу решили проверить Матиас Виттингер из Ульмского университета и его коллеги – энтомологи из Германии и Швейцарии, уже давно изучающие поведение пустынных муравьёв.

В ходе эксперимента одним муравьям ноги обрезали (точно посередине голени), другим удлиняли, приклеивая свиную щетинку.

Муравьёв приучили бегать из гнезда к кормушке по прямому желобку длиной 10 м. Возле кормушки муравьёв ловили, меняли им длину ног, давали в челюсти кусочек пищи (чтобы было с чем возвращаться в гнездо) и выпускали в другой желобок, ориентированный параллельно исходному. Муравьи немедленно отправлялись в «обратный путь», то есть бежали в сторону предполагаемого гнезда. Пробежав по прямому желобку определённое расстояние, соответствующее, как они полагали, расстоянию от кормушки до гнезда, муравьи вылезали из желобка и начинали бегать туда-сюда в поисках входа в гнездо.

Учёные тщательно измеряли расстояние между той точкой, где муравей был выпущен в желобок, и той, где он переключался с поведенческой програм-



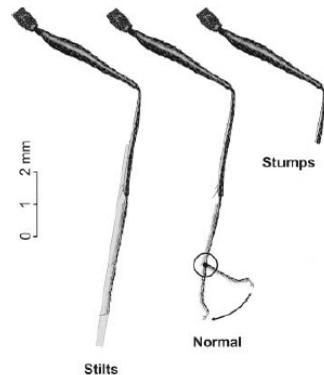


мы «бегу домой» на программу «где же вход?». Оказалось, что муравьи, которым не меняли длину ног, начинали искать вход, пройдя в среднем 10,2 м, муравьи на ходулях пробежали 15,3 м, а муравьи на культях — лишь 5,75 м.

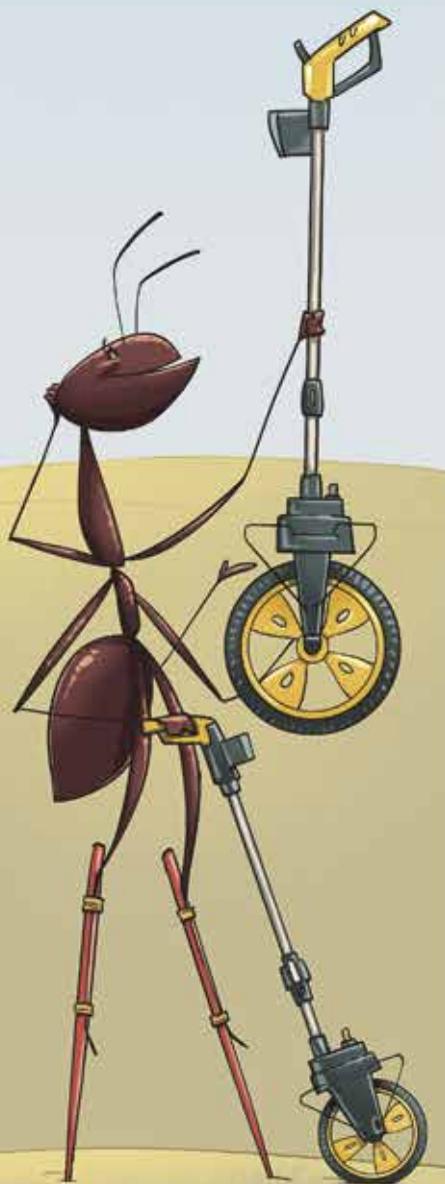
После этого муравьёв с изменённой длиной ног возвращали в гнездо, где они продолжали жить и совершать успешные рейды за пропитанием в течение многих дней, что говорит о том, что совершённые над ними манипуляции не слишком сильно им повредили. Правда, двигались они несколько медленнее «немодифицированных» сородичей. Средняя скорость передвижения нормального рабочего муравья этого вида составляет 0,31 м/с, тогда как особи с укороченными ногами бегали со скоростью 0,14 м/с, с удлинёнными — 0,29 м/с.

«Модифицированных» муравьёв, поживших какое-то время в гнезде, повторно ловили у кормушки и снова сажали в параллельный желобок, чтобы определить, как они оценивают пройденный путь после того, как добежали от гнезда до кормушки уже на изменённых ногах. Если «гипотеза шагомера» верна, теперь они уже не должны были ошибаться. Так и оказалось: муравьи «на ходулях» и муравьи «на культях», как и нормальные муравьи, начинали искать вход в гнездо, пройдя 10 метров и ещё чуть-чуть.

Самым сложным для исследователей оказалось измерить длину муравьиного шага. Проблема осложнялась тем, что длина шага зависит от размера насекомого (размеры рабочих муравьёв этого вида сильно варьируют), а также от скорости движения: чем быстрее идёт муравей, тем шире он шагает. Заснять на скоростное видео весь обратный путь муравья, чтобы просто подсчитать шаги и измерить их среднюю



Манипуляции с длиной ног пустынного муравья: «ходули» (stilts), нормальные ноги (normal) и «культи» (stumps). Рисунок из статьи в Science



длину, у исследователей не было возможности. Съёмка проводилась в небольших экспериментальных установках. Выяснилось, что длина шага нормальному муравью составляет в среднем 13,0 мм, «на ходулях» – 14,8 мм, «на культях» – 8,6 мм.

Чтобы подтвердить «гипотезу шагомера», нужно было убедиться, что в первой серии экспериментов (когда путь к кормушке муравьи проделывали на нормальных ногах, а обратно бежали на изменённых) насекомые начинали искать вход в гнездо, пройдя столько же шагов, сколько на пути к кормушке. Оказалось, что муравьи «на ходулях» проходили на 3,0–3,5 м больше, чем следовало, исходя из средней длины их шага. Муравьи с укороченными ногами также меньше, чем следовало, но незначительно.

Причины этого несоответствия учёные намерены выяснить в ходе дальнейших исследований. Пока же они ограничились предположением, что наблюдаемый сбой в работе шагомера может быть вызван нарушением соотношения между длиной шага и скоростью движения. Если у муравьёв «на культях» снижение скорости оказалось сильнее, чем уменьшение длины шага (скорость упала вдвое, шаг – на 35%), то у муравьёв «на ходулях» шаг увеличился, а скорость движения, наоборот, снизилась (возможно, из-за веса клея и свиной щетины). Муравьи просто стали медленнее перебирать ногами. Учёные отметили, что если бы скорость движения муравьёв «на ходулях» увеличилась на столько же, на сколько она уменьшилась у муравьёв «на культях», то и длина шага у первых оказалась бы больше (исходя из установленной зависимости длины шага от скорости), и тогда все цифры в их эксперименте замечательно сошлись бы.

В целом эксперимент получился красивый, и «гипотеза шагомера» в итоге получила весомое подтверждение, хотя принцип работы самого «шагомера», по-видимому, всё-таки отличается от простого подсчёта шагов. Похоже, муравьи принимают в расчёт также и скорость перебирания ногами и учитывают при этом, что при её снижении шаг у них получается короче.



Художник Алексей Вайнер

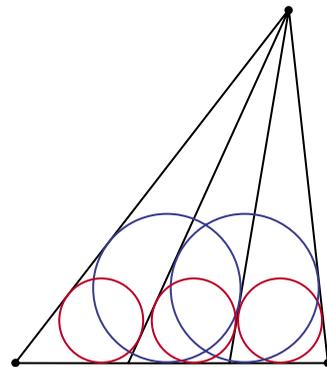


ОБОВЩАЯ САНГАКУ:

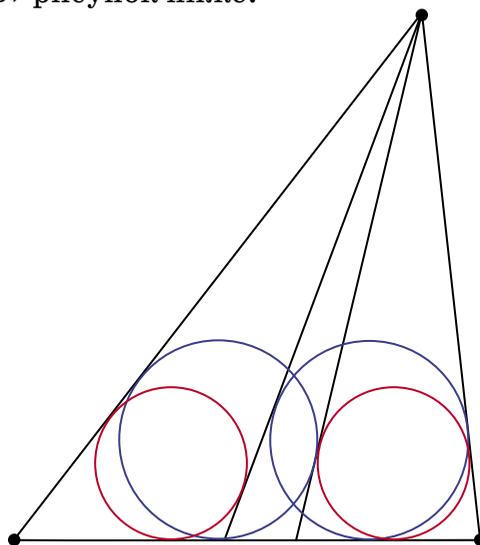
ТЕОРЕМА О ЧЕТЫРЁХ КРУГАХ

В № 7 «Квантика» за 2012 год рассказывалось (А. Полянский, «Японские сангаку») о нескольких красивых геометрических теоремах, обнаруженных в Японии в XVII–XIX вв. Одна из них была такая.

Из одной точки провели к прямой четыре отрезка и получили три примыкающих друг к другу треугольника. Отрезки проводили так, чтобы окружности, вписанные в эти треугольники, были одинаковыми (они изображены красным цветом). Оказывается, если теперь вписать по окружности в треугольники, образованные из двух соседних маленьких треугольников, то эти окружности тоже окажутся одинаковыми (они изображены синим цветом)!

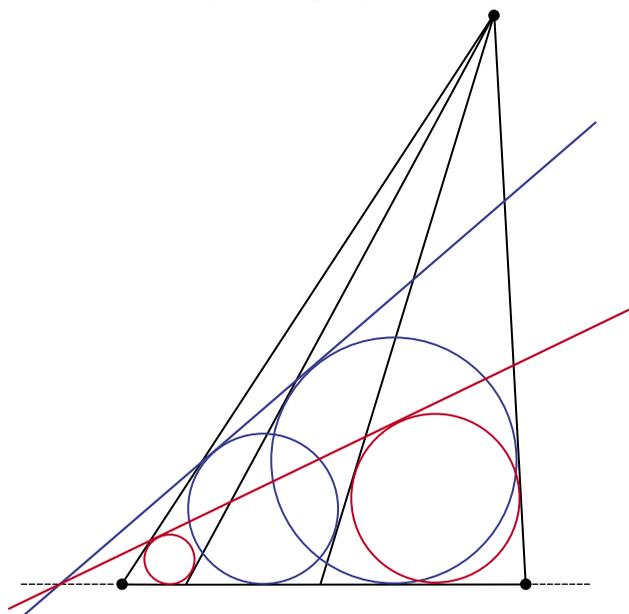


Эту теорему можно обобщить: уже равенства двух красных окружностей достаточно, чтобы синие были равны! По ссылке geogebra.org/m/ah6rtgpx можно «подвигать» рисунок ниже.



А что если красные окружности не равны? Оказывается, тогда общая касательная к красным окруж-

ностям и общая касательная к синим пересекаются на продолжении стороны треугольника – см. рисунок ниже или «живой чертёж» geogebra.org/m/kead458m

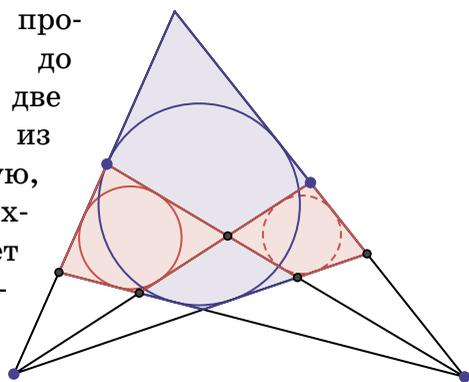


Эти теоремы опубликовал болгарский математик Йордан Табов в 1989 году. Оказывается, их все можно вывести из другого замечательного факта.

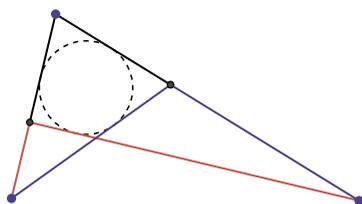
В синий четырёхугольник вписана окружность.

Продолжим пары его противоположных сторон до пересечения, получим две точки. Через каждую из них проведём прямую, пересекающую четырёхугольник.

Возникнет ещё два четырёхугольника (красные). Тогда если в один из красных четырёхугольников можно вписать окружность, то и во второй тоже!



Сам факт, кстати, не слишком сложный. Только сначала докажете, что в четырёхугольник можно вписать окружность тогда и только тогда, когда сумма красных отрезков равна сумме синих.



Художник Мария Усеинова



Приглашаем всех попробовать свои силы в нашем заочном математическом конкурсе.

Второй этап состоит из четырёх туров (с V по VIII) и идёт с января по апрель.

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. У почтальона есть пачка конвертов, из которой ему нужно взять ровно 50 штук. Пока он стоял и методично отсчитывал по одному конверту, к нему подошёл сын-пятиклассник и сказал: «Если бы ты знал, сколько конвертов во всей пачке, то справился бы в два раза быстрее!» Что имел в виду сын и сколько конвертов во всей пачке?

37. Есть четыре различные пентаминошки (пятиклеточные фигурки). Известно, что как ни разбивай их на пары, пентаминошки в каждой паре можно сложить так, что получатся две одинаковые фигуры. Приведите пример, как такое может быть.





Авторы: Михаил Фрайман (36), Александр Грибалко (37), Михаил Евдокимов (38), Фёдор Нилов (39), Александр Перепечко (40)

38. Робот Квантик переставил числа в строке 1, 2, 3, ..., 100 так, чтобы получился «алфавитный порядок», то есть сначала идут числа, начинающиеся с 1, затем начинающиеся с 2, и т.д. (числа, начинающиеся с одной цифры, упорядочиваются по второй цифре). Получилась строка: 1, 10, 100, 11, 12, ... Сколько чисел осталось на своём месте?

12, 20
24, 8⁴, 12
96, 98

Что-то, друг, у тебя какая-то каша в голове. Ты не перегрелся случайно?



Ремонт делаешь?

Нет. Задачку одну решаю



39. Покрасьте некоторые клетки белого квадрата 5×5 в синий цвет так, чтобы во всех 16 квадратах 2×2 раскраски были различны (не совмещались бы сдвигом).

Петров, не мучайся ты с треугольниками. Ты столько лет уже не можешь решить эту задачу



40. Через точку внутри равностороннего треугольника провели прямые, параллельные сторонам, и измерили площади полученных шести частей треугольника. Могло ли оказаться, что они принимают ровно три различных значения?

КУДА ПРОПАЛА ТЕНЬ?

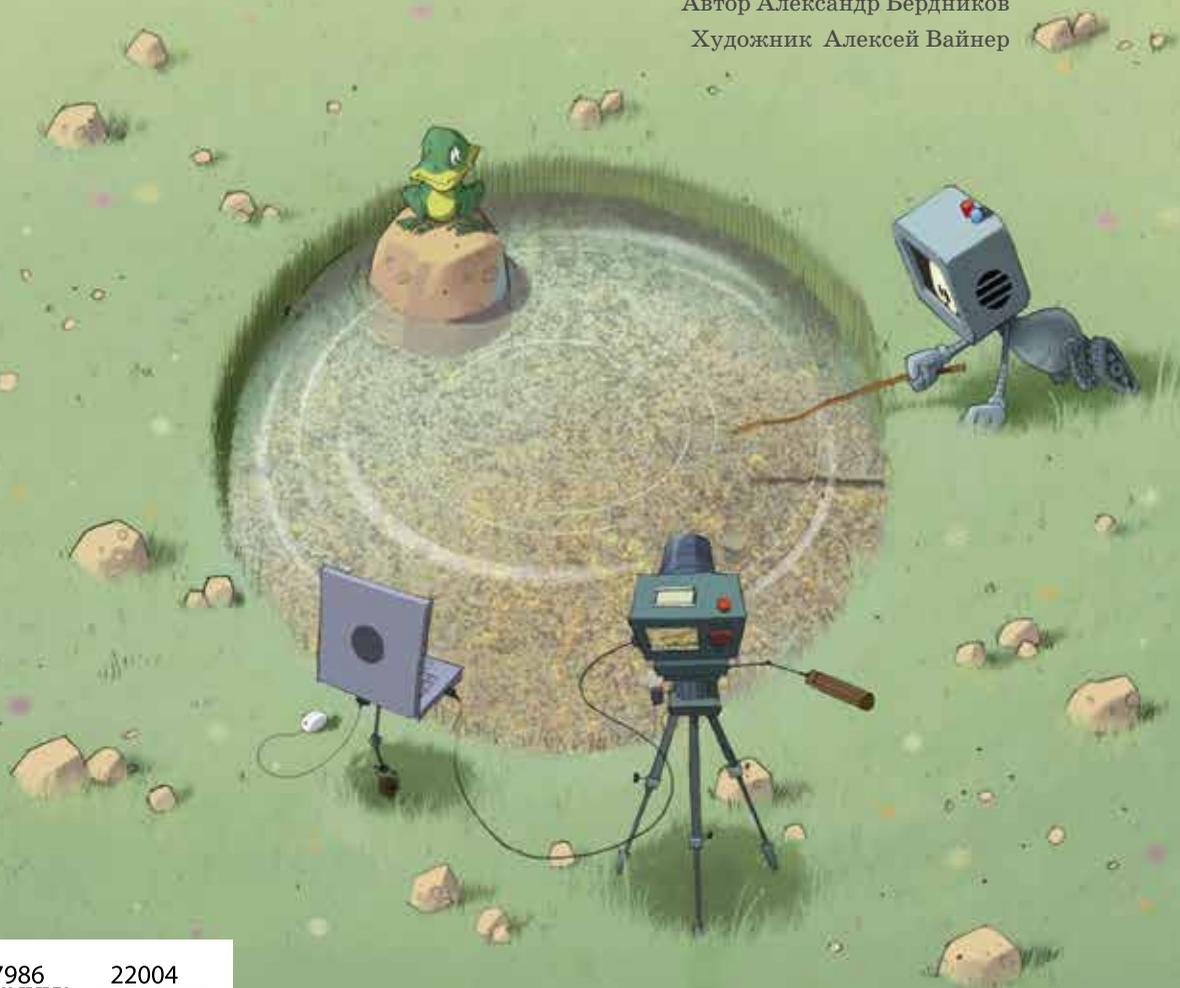
Перед вами три кадра: на первом веточка находится над поверхностью воды, на втором она коснулась поверхности, на третьем – частично погрузилась в воду. Куда же пропала часть тени от веточки на втором кадре?



По ссылке kvan.tk/no-shadow можно увидеть видео в движении.

Автор Александр Бердников

Художник Алексей Вайнер



ISSN 2227-7986

22004



9 772227 798220