

# Ж У Р Н А Л К В А Н Т И К

Д Л Я Л Ю Б О З Н А Т Е Л Ь Н Ы Х



№ 2

февраль  
2023

## КАК БЕГАТЬ ПО ПОТОЛКУ?

ЭЛЛИПС,  
ГИПЕРБОЛА  
И ПАРАБОЛА

МИГАЮЩИЕ  
ТОЧКИ

Enter ↵

## НАШИ НАГРАДЫ



# В 2022 году ХУДОЖНИКИ «КВАНТИКА» стали лауреатами конкурса Российской академии наук ЗА ЛУЧШИЕ РАБОТЫ В ОБЛАСТИ ПОПУЛЯРИЗАЦИИ НАУКИ

(в номинации «Лучший художник, иллюстратор,  
дизайнер научно-популярного проекта»)

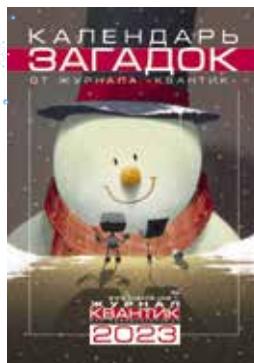


## НАШИ НОВИНКИ

**АЛЬМАНАХ ДЛЯ ЛЮБОЗНАТЕЛЬНЫХ  
«КВАНТИК», выпуск 20**  
включает в себя  
все материалы журналов «Квантик»  
за II полугодие 2021 года



**КАЛЕНДАРЬ ЗАГАДОК**  
от журнала «КВАНТИК» на 2023 год –  
настенный перекидной календарь  
с занимательными задачами-картинками



### Приобрести продукцию «КВАНТИКА»

можно в магазине «Математическая книга» (г. Москва, Большой Власьевский пер., д.11),  
в интернет-магазинах: [biblio.mccme.ru](http://biblio.mccme.ru), [kvantik.ru](http://kvantik.ru), [my-shop.ru](http://my-shop.ru), [ozon.ru](http://ozon.ru), WILDBERRIES, Яндекс.маркет  
и других (полный список магазинов на [kvantik.com/buy](http://kvantik.com/buy))

## ПОДПИСКА НА ЖУРНАЛ «КВАНТИК» на 1-е полугодие 2023 года

• в почтовых отделениях  
по электронной версии  
каталога Почты России:  
индекс **ПМ068** – по месяцам полугодия

• онлайн-подписка на сайтах:  
Почты России:  
[podpiska.pochta.ru/press/ПМ068](http://podpiska.pochta.ru/press/ПМ068)  
агентства АРЗИ: [akc.ru/itm/kvantik](http://akc.ru/itm/kvantik)



онлайн вы можете оформить подписку и для своих  
друзей, знакомых, родственников в разных регионах России

Подробнее обо всех вариантах подписки см. [kvantik.com/podpiska](http://kvantik.com/podpiska)

[www.kvantik.com](http://www.kvantik.com)

[kvantik@mccme.ru](mailto:kvantik@mccme.ru)  
[t.me/kvantik12](https://t.me/kvantik12)

[vk.com/kvantik12](https://vk.com/kvantik12)  
[kvantik12.livejournal.com](https://kvantik12.livejournal.com)

Журнал «Квантик» № 2, февраль 2023 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, М.В. Прасолов,  
Н.А. Солодовников  
Художественный редактор  
и главный художник Yustas  
Верстка: Р.К. Шагеева, И.Х. Гумерова  
Обложка: художник Мария Усеинова

**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](mailto:kvantik@mccme.ru) сайт: [www.kvantik.com](http://www.kvantik.com)  
**Подписка на журнал в отделениях почтовой связи**  
• **Почта России:** Каталог Почты России  
(индексы **ПМ068** и **ПМ989**)  
• **Почта Крыма:** Каталог периодических изданий  
Республики Крым и г. Севастополя (индекс **22923**)  
• **Белпошта:** Каталог «Печатные СМИ, Российская Федера-  
ция. Казахстан» (индексы **14109** и **141092**)  
**Онлайн-подписка на сайтах**  
• Почта России: [podpiska.pochta.ru/press/ПМ068](http://podpiska.pochta.ru/press/ПМ068)  
• агентство АРЗИ: [akc.ru/itm/kvantik](http://akc.ru/itm/kvantik)  
• Белпошта: [kvan.tk/belpost](http://kvan.tk/belpost)

По вопросам оптовых и розничных продаж  
обращаться по телефону **(495) 745-80-31**  
и e-mail: [biblio@mccme.ru](mailto:biblio@mccme.ru)  
Формат 84x108/16  
Тираж: 4000 экз.  
Подписано в печать: 10.01.2023  
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

## КАК ЭТО УСТРОЕНО

**Как бегать по потолку?** *Г. Идельсон* **2**

## ОГЛЯНИСЬ ВОКРУГ

**От горячего к холодному:  
теплопроводность.** *В. Сирота* **6**

**Мигающие точки** **25**

## МАТЕМАТИЧЕСКИЕ СЮРПРИЗЫ

**Эллипс, гипербола и парабола.** *Ф. Нилов* **11**

**Про Лёлю и Миньку,  
а также про лемму Шпернера и два её  
доказательства – одно сказочное,  
а другое резиновое. Окончание.** *Г. Панина* **19**

## СМОТРИ!

**Три пиццы** **14**

**Верёвочное суммирование** **18**

## ЧЕТЫРЕ ЗАДАЧИ

**Что это за буквы?** **16**

## ИГРЫ И ГОЛОВОЛОМКИ

**Восемь двухцветных уголков.** *С. Полозков* **24**

## ОЛИМПИАДЫ

**XLV Турнир им. М. В. Ломоносова.  
Избранные задачи** **26**

**Наш конкурс** **32**

## ОТВЕТЫ

**Ответы, указания, решения** **28**

## ЗАДАЧИ В КАРТИНКАХ

**Конус и его треугольное сечение.**  
*Г. Гальперин*

**IV с. обложки**



## КАК БЕГАТЬ ПО ПОТОЛКУ?



Мадагаскарский плоскохвостый геккон  
 Фото: Wikimedia.org, TimVickers

Гекконы, как известно, умеют бегать по стенам и даже по потолку. Долгое время было совершенно непонятно, как они это делают. В качестве объяснения предлагались разные механизмы: клей, присоски, крючочки, которые цепляются за шероховатости в стене, капиллярные силы, электростатические силы. Все эти варианты были отвергнуты: никакого клея на лапках у геккона нет, никаких следов он не оставляет. Нет и вакуумных присосок: геккону не требуется никаких усилий, чтобы оторвать лапку от стены, бегают они очень быстро. Дело и не в шероховатостях стены: он прекрасно держится на гладком стекле. Капиллярные силы были отвергнуты опытами: геккон одинаково хорошо держится на смачиваемой и на несмачиваемой поверхности. Специальными опытами с ионизированной плазмой продемонстрировали, что электростатические взаимодействия ни при чём.

Доказано, что геккон держится за счёт вандерваальсовых взаимодействий, то есть за счёт очень слабых взаимодействий между молекулами.

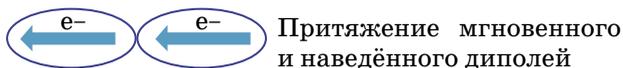
Что такое вандерваальсовы взаимодействия? Проще всего это объяснить на примере притяжения двух полярных молекул. Молекулы могут быть незаряжены, но при этом *полярны*. Поясним, что это такое, на примере. В молекуле воды атом кислорода немного перетягивает к себе электроны, и эта сторона оказы-

вается немного отрицательно заряженной. А та сторона, где атомы водорода, – соответственно, положительно заряженной. Такие частицы, внутри которых заряд распределён по двум полюсам, называются *диполями*. Значок  $\delta+$  означает, что в этой части молекулы не целый положительный заряд, а просто электроны немного смещены, и в этой части молекулы небольшой положительный заряд.

Если диполи оказываются рядом, они поворачиваются друг к другу так, что положительная часть одной молекулы оказывается рядом с отрицательной частью другой. При этом расстояние между  $\delta+$  и  $\delta-$  окажется меньше, чем расстояние между  $\delta+$  и соседней  $\delta+$ . А ведь электрические силы уменьшаются с расстоянием. И поэтому два таких диполя, то есть две полярные молекулы, будут притягиваться.

Оказывается, молекулы будут притягиваться, даже если только одна из молекул полярна. Это происходит потому, что в неполярной молекуле электроны могут немного смещаться туда или сюда, и под действием электрического поля соседнего диполя они сместятся: неполярная молекула превратится в так называемый *наведённый диполь*.

Более того, если обе молекулы неполярны, электроны в них тоже случайным образом сдвигаются туда или сюда, и, если в какое-то мгновение они сместятся в одну сторону, там на это мгновение образуется *мгновенный диполь*. И такой мгновенный диполь на это мгновение может навести диполь на соседней молекуле. И они тоже будут притягиваться. Разумеется, в такой ситуации невозможно сказать, кто из них мгновенный, а кто наведённый. Важно, что заряды в обеих молекулах будут сдвигаться синхронно.



Вандерваальсовы силы – очень слабые, слабее всех других сил между молекулами. И главное – они действуют только на очень близком расстоянии. Энер-



гия вандерваальсовых взаимодействий обратно пропорциональна шестой степени расстояния между молекулами. Это значит, что если расстояние между молекулами увеличится в 2 раза, то энергия притяжения уменьшится в  $2^6 = 64$  раза, а сила взаимодействия – в  $2^7 = 128$  раз.

А ведь поверхности, по которым надо ходить геккону, даже если они кажутся нам гладкими, в микромире совсем не гладкие. Для того, чтобы обеспечить сильное вандерваальсово взаимодействие, нужно, чтобы большая поверхность лапки геккона плотно прилегала к поверхности, на которой ему надо держаться.



Лапки геккона. Фото: [gekolab.lclark.edu](http://gekolab.lclark.edu), A. Syred

Обеспечивается это устройством его лапок. Нижняя часть подушечек пальцев покрыта тонкими щетинками. Щетинки собраны в отдельные кластеры. Плотность щетинок – 14 000 на  $\text{мм}^2$ . Каждая такая щетинка на конце ветвится на 400 – 1000 совсем мелких волокон толщиной 200 нм, а на конце каждого такого волокна – плоская бляшка, или, как её назвали, шпатель. Когда геккон прижимает палец к поверхности, он делает движение параллельно поверхности, тем самым выравнивая все шпатели параллельно поверхности.

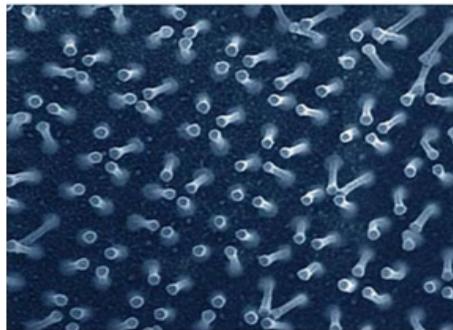


Если бы все бляшки оказались сцеплены с поверхностью, лапа геккона могла бы удерживать 130 кг. Но на практике у поверхности всё-таки есть рельеф, щетинчатое устройство частично это компенсирует, но всё же не полностью. На обычной стене лапа геккона может удерживать в 40 раз больше его веса.

Для того, чтобы оторвать лапку, достаточно изменить угол её наклона. Геккон может это сделать за 15 миллисекунд.

Когда поняли, как это устроено, поняли, что это легко смоделировать: сделать поверхность, покрытую тонкими нановолокнами, которые могли бы принимать форму поверхности.

Продаётся такая вещь, называется nano-tape, или gесko-tape. Её можно прижать к поверхности, и она будет держаться за счёт вандерваальсовых сил, а если отлепить – не останется никаких следов, потому что никакого клея нет. Между прочим, первую статью на эту тему написали нобелевские лауреаты по физике Андрей Гейм и Константин Новосёлов.

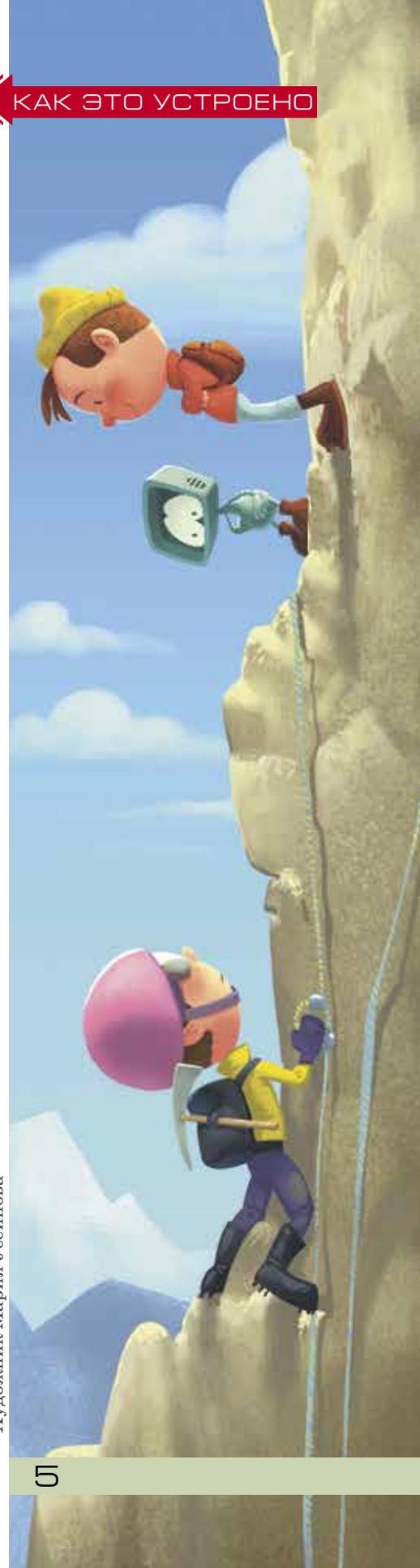


Поверхность nano-tape  
Фото из статьи А.Гейма,  
К. Новосёлова и др.

Можно даже сделать робота-спайдермена, который, используя такой же эффект, сможет ходить по стеклу или по потолку.



Робот-геккон  
Фото:М. Cutkosky, S. Kim.



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 VI тура, с которыми справитесь, не позднее 5 марта в систему проверки [konkurs.kvantik.com](http://konkurs.kvantik.com) (инструкция: [kvan.tk/matkonkurs](http://kvan.tk/matkonkurs)), либо электронной почтой по адресу [matkonkurs@kvantik.com](mailto: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](http://www.kvantik.com). Участвовать можно, начиная с любого тура. Победителей ждут дипломы журнала «Квантик» и призы. Желаем успеха!

### VI ТУР

**26.** На остановке останавливаются автобусы 3, 4 и 5, причём автобус №3 ходит каждые 3 минуты, автобус №4 – каждые 4 минуты, а автобус №5 – каждые 5 минут. Аня заметила, что на остановку приходило по одному автобусу в 10:00, 10:01, 10:02, 10:03 и 10:05. Какой был номер у автобуса, приехавшего в 10:05, и почему?

**27.** Ребятам задали на дом вырезать из картона 5 тетраминошек, как на рисунке 1.

Перед уроком Петя и Вася поняли, что неправильно записали задание и вырезали по пять пентаминошек. Фигурки Пети изображены на рисунке 2, а Васины – на рисунке 3.

Сможет ли Петя отрезать по одной клетке от каждой своей фигурки так, чтобы в результате получился нужный набор? А сможет ли Вася? (нарисуйте, какие клетки нужно отрезать, или объясните, почему получить нужный набор не удастся).

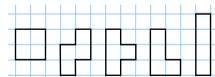


Рис. 1

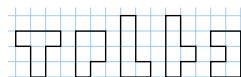


Рис. 2

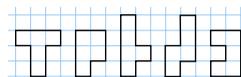


Рис. 3





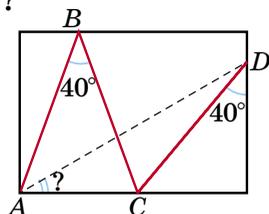
Авторы: Татьяна Корчемкина (26, 27), Олег Смирнов (28), Борис Френкин (29), Михаил Евдокимов (30)

28. Федя увидел в спортивном магазине гантели. Каждая гантель представляла собой два одинаковых стальных диска, насаженных на стержень. У разных гантелей диски были разного диаметра, но толщина всех дисков была одна и та же, и все стержни были одинаковыми. Увидев, что гантели с дисками диаметра 5 см весят 5 кг, а гантели с дисками диаметра 7 см весят 7 кг, Федя удивился: это не сходилось с известной ему формулой  $\pi R^2$  для площади круга радиуса  $R$ . Разберитесь, что не учёл Федя, и найдите диаметр дисков у гантелей весом 13 кг.



29. По шахматной доске  $8 \times 8$  прошла хромая ладья (каждым ходом она переходила в клетку, соседнюю по стороне; возможно, в некоторые клетки она зашла несколько раз, а в некоторые не зашла совсем). Количество вертикальных ходов было вдвое больше, чем количество горизонтальных. Ладья начала движение в левом нижнем углу, а закончила в каком-то другом. В каком именно?

30. Вершины ломаной  $ABCD$  лежат на сторонах прямоугольника (см. рисунок). Все звенья ломаной равны, а два отмеченных на рисунке угла равны  $40^\circ$ . Чему равен угол  $CAD$ ?



# КОНУС И ЕГО ТРЕУГОЛЬНОЕ СЕЧЕНИЕ

На рисунке вы видите прямой круговой конус. Его боковую поверхность можно получить, вращая палку с закреплённым верхним концом. В нашем случае длина образующей (вращающейся палки) равна 5, а диаметр основания равен 8. Представьте, что этот конус сплошной и сделан из пластилина, а мы разрезаем его ножом, чтобы в разрезе получился треугольник. Какова наибольшая возможная площадь такого треугольника?



23002

ISSN 2227-7986



9 177222 717982371

Автор Григорий Гальперин  
Задача предлагалась на XLV Турнире им. М. В. Ломоносова  
Художник Алексей Вайнер