

# ВСЕМ КУБИКАМ КУБИК

Как сделать кубик Рубика? Об этом просят рассказать Сережа Кравченко из Запорожья, Дима Сапегин из Талды-Кургана, Сережа Гринев из города Бабаева Вологодской области, Рома Баранецкий из Московской области, члены кружка «Юный техник» из села Черная Речка Кабардино-Балкарской АССР и еще десятки и десятки наших читателей.

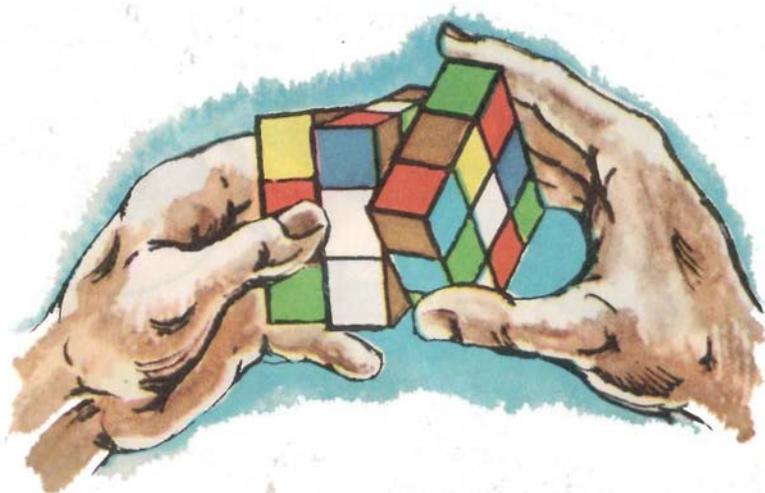
## ДЛЯ НАЧАЛА НЕМНОГО ИСТОРИИ

38-летний архитектор Эрне Рубик, преподаватель Высшей школы декоративного искусства в Будапеште, много лет мечтал сконструировать простое и увлекательное пособие для развития пространственного воображения своих студентов. Его увлекла идея создания трехмерной логической головоломки, и в 1975 году родился кубик Рубика. Придуманый как пособие для студентов, он стал увлекательной

игрушкой-головоломкой. Между поклонниками этой забавы даже проводятся соревнования. В чем же секрет столь шумной популярности игрушки?

Ну, во-первых, это не совсем игрушка — во всяком случае, не простая игрушка. По утверждениям ученых-математиков, кубик служит прекрасной иллюстрацией комбинаторики, высшей алгебры и теории групп и даже может помочь решить некоторые из проблем этих наук.

Во-вторых, для простой игрушки кубик Рубика слишком сло-



жен. Западные газеты пишут даже о случаях психических расстройств у людей, пытавшихся справиться с этой головоломкой «нахрапом», без подготовки. Не говоря уже о вывихнутых суставах и растянутых сухожилиях пальцев... Шутки шутками, но советуем вам отнестись к кубику Рубика серьезно, без шапкозакидательских настроений. Иначе он останется для вас только игрушкой, красивой, но бесполезной.

## КАК ОН СДЕЛАН?

Заметим: это еще не рассказ о том, как самому сделать кубик Рубика. Речь пойдет о кубике фабричного изготовления. Дело в том, что не только сама идея кубика, но и его механическая система уникальна по своей простоте и изяществу. В этом, наверное, и кроется главная причина популярности игрушки.

Посмотрите на кубик и скажите быстро не слишком задумываясь, из чего он состоит. Не правда ли, из 27 маленьких кубиков разного цвета?.. А вот и нет. В действительности его конструкция гораздо сложнее. Во-первых, маленьких кубиков не 27, а 26. Центрального кубика, которого не видно, как ни верти головоломку, на самом деле и нет. Во-вторых, 26 кубиков вовсе не одинаковы. Шесть из них находятся в центре граней большого куба — впредь будем называть эти кубики центральными. Они окрашены только с одной стороны, обращенной к зрителю. Все центральные кубики связаны между собой тремя осями, и каждая пара противоположных центральных кубиков может вращаться только вокруг одной своей оси. Конструкция этого главного узла кубика Рубика показана на рисунке (стр. 69).

Восемь маленьких кубиков, находящихся на углах большого кубика (они так и зовутся: угловыми) окрашены с трех сторон.

Остальные двенадцать маленьких кубиков (назовем их бортовыми), расположенные на середине ребер большого куба, тоже обязательно красить со всех сторон. Довольно с них и двух. Других мы все равно не видим.

Как видите, во всей конструкции только сам кубик Рубика истинный кубик. Остальные можно называть кубиками лишь условно, что мы и будем делать для простоты изложения.

## КАЖДОМУ КУБИКУ СВОЕ МЕСТО

Вот кубик Рубика в своем исходном идеальном виде: каждая грань большого куба окрашена в один, только ей присущий цвет. Нарушим этот порядок. Для этого одна сторона (бортовой слой), состоящая из девяти кубиков, поворачивается относительно двух других на  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  или  $270^\circ$ . При этом соответствующий центральный кубик вращается вокруг своей оси, а остальные пять его собратьев остаются в неизменном положении. Четыре бортовых кубика вращаемого бортового слоя меняют свои грани. Навертелись?..

Но сделать вновь «как было» не получится... В чем же дело?

Прежде всего нужно понять: «взаимоотношения» маленьких кубиков не произвольны, а основаны на строгом порядке. Сколько бы вы ни вертели ряды кубиков относительно друг друга, угловые кубики всегда останутся угловыми, бортовые — бортовыми, а центральные — центральными. Эту очевидную истину иногда в шутку называют «основной теоремой кубологии».

Более того, центральные кубики, как выясняется, вообще невозможно сдвинуть с места (чтобы убедиться в этом, посмотрите еще раз на тот же рисунок), поэтому они определяют исходный цвет соответствующей

границ, к которому следует стремиться. Центральный кубик синий — значит, это синяя грань. Вернее, была синей. И будет, когда вы научитесь управляться с кубиком Рубика.

## КАПЕЛЬКУ АРИФМЕТИКИ

А почему все-таки никому не удается решить головоломку Рубика сразу, ну хотя бы случайно, повторяя попытку очень много раз? Чтобы это понять, от вас потребуются хотя бы начальные знания о комбинаторике. Давайте посчитаем, сколько существует возможных цветовых конфигураций кубика Рубика.

Каждый угловой кубик имеет восемь возможных местоположений. Это уже  $8!$  —  $40\,320$  возможных перестановок. Да еще каждый угол имеет три окрашенных стороны. Значит,  $8! \times 3^8$  вариантов. И это только от одних углов! Для бортовых кубиков, по той же логике, получим  $12!$  перестановок, и их надо умножить на  $2^{12}$ . Таким образом, чисто формально число возможных цветовых комбинаций равно... давайте-ка округлим, а то уж больно страшное получается число: примерно  $5 \cdot 10^{20}$ .

Строго говоря, на самом деле число вариантов чуть меньше: ведь считается, что мы вращаем слои кубика не беспорядочно, а стремимся к определенному результату, когда все грани окажутся одноцветными. Поэтому мы можем считать произвольными все операции, кроме одной, последней. То есть лишь 7 углов из 8 и, следовательно, лишь 11 бортовых кубиков из 12 могут быть ориентированы произвольно. Так что введем «существенное» послабление: разделим наше сверхчисло на 12. Получится уже гораздо меньше: примерно  $4 \cdot 10^{19}$ . Если хотите точно, то  $43\,252\,003\,274\,489\,856\,000$ . Столько надо сделать беспорядочных поворотов, чтобы почти

навряд ли наткнуться на решение головоломки. Можете прикинуть, сколько для этого понадобится времени. Одно ясно наверняка: вашей жизни не хватит. Да и нет никаких гарантий, что на это хватит жизни всей нашей вселенной...

## ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ДЛЯ «САМЫХ ЛЮБОЗНАТЕЛЬНЫХ»

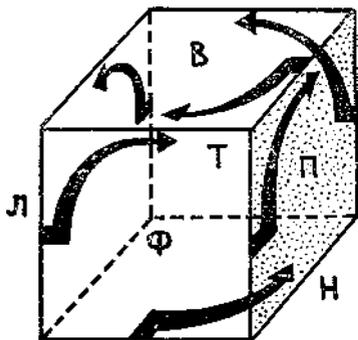
Собирать кубик следует непременно так, чтобы после сборки все грани были в исходном одноцветном положении. В противном случае 11 шансов против одного, что ваш кубик Рубика никогда никому не удастся привести к решению.

## И ВСЕ-ТАКИ: КАК ПРИЙТИ К РЕШЕНИЮ?

Сразу оговоримся: универсальных методов или правил приведения кубика Рубика в порядок еще нет. Каждый увлеченный «куболог» старается создать собственный алгоритм, с помощью которого шаг за шагом приближается к цели. Один из главных энтузиастов и популяризаторов кубика Рубика, английский математик Дэвид Сингмастер, считает, что в зависимости от таланта и работоспособности на составление алгоритма требуется от одного дня до одного года. Человеку с хорошей математической подготовкой, как правило, хватает для этого двух недель напряженной творческой работы. А мировой рекорд тем не менее принадлежит вашему сверстнику, 15-летнему английскому школьнику Джулиану Чилверсу, и равен 25,79 с.

Как же записывают «ходы» в «кубологии»? Профессор Сингмастер предложил пользоваться для этого специальным языком. Взгляните на следующий рисунок. Грани куба обозначаются буквами: Ф — фасад, Т — тыл, П — правая, Л — левая, В — верх,

Н — низ. Центральные кубики обозначаются соответствующими строчными буквами: ф, т, п, л, в, н. Логично, что бортовые кубики обозначаются по этой системе двумя строчными буквами: фн, тп, лз, а угловые тремя: лвн, фтп. Посмотрим, как обозначаются операции. Например, буквосочетание ПФВ обозначает последовательное вращение на  $90^\circ$  по часовой стрелке правого, фронтального, вновь правого и, наконец, верхнего слоев. Сочетания  $\Pi^2\Phi\Pi^{-1}\Phi^{-1}$  означает: двойной (на  $180^\circ$ ) поворот правого слоя по часовой стрелке, поворот фронтального слоя на  $90^\circ$  по часовой стрелке, обратный часовой стрелке поворот правого слоя на  $90^\circ$  и поворот фронтального слоя



на  $90^\circ$  также против часовой стрелки. На направление вращения указывает знак цифрового индекса, на угол поворота — его величина.

Ясно, что ФВЛ и ФЛВ — это не одно и то же, то есть  $\Phi\text{ЛВ} \neq \Phi\text{ВЛ}$ . Вы сами можете проверить справедливость следующих тождеств:  $\Pi = \Pi^3$ ,  $\Pi\Pi = \Pi^2 = \Pi^{-2}$ ,  $\Pi\Pi\Pi = \Pi^3 = \Pi^{-1}$ ,  $\Pi^4 = 1$ ,  $\Pi^2\Pi^{-2} = 1$ ,  $\Pi\Pi^{-1} = 1$ .

Единица означает исходное положение.

Здесь, дорогие читатели, мы вынуждены перед вами извиниться: подробно рассказывать об алгоритмах решения кубика Ру-

бика у нас нет возможности. Чего доброго, тогда пришлось бы посвятить этому кубику весь номер журнала, а нам ведь хочется рассказать вам и о других интересных вещах. Так что если хотите продолжить свое «кубологическое» образование, читайте журнал «Наука и жизнь» № 3 за 1981 год и № 2 за 1982 год. Там все описано очень подробно и обстоятельно.

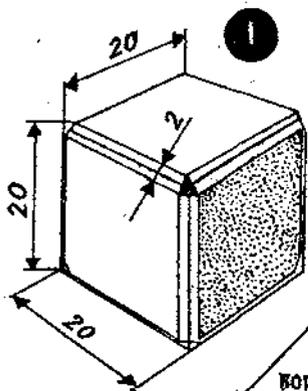
А мы зато расскажем вам о том,

### КАК СДЕЛАТЬ КУБИК РУБИКА САМОМУ

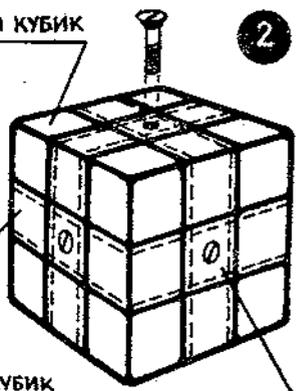
Понадобится кусок дерева, не склонного к скалыванию, например бука или липы. Еще из материалов потребуются эпоксидный клей, винты с потайной головкой для дерева, тушь, краска или цветная бумага шести цветов, бесцветный нитроцеллюлозный лак. Из инструментов прежде всего необходимы будут дрель, зенкер, ручные тиски, ножовка, стамеска, набор надфилей и шлифовальная шкурка. И еще терпение, аккуратность.

В этой модели в отличие от фабричной кубиков будет 27, включая главный центральный. Выточите кубики по размерам, указанным на большом рисунке (позиция 1). В дальнейшем в нашем описании мы будем ссылаться на номера позиций этого рисунка. Общий вид кубика показан на поз. 2. Форма, которую должны иметь угловые, бортовые и центральные кубики, показана соответственно на поз. 3, 4, 5.

Начнем с бортовых и центральных кубиков. В них надо сделать желоба глубиной не менее 5 мм и шириной не менее 5,5 мм. На поз. 2 эти желоба показаны пунктирной линией. Для этой цели необходимо собрать несложное приспособление, показанное на поз. 7. Внутри его кубики долж-

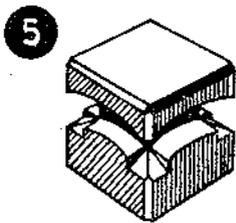
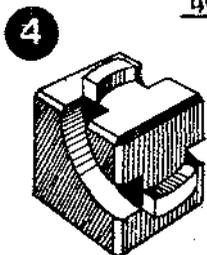
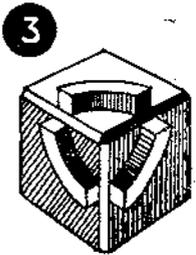


УГЛОВОЙ КУБИК



БОРТОВОЙ КУБИК

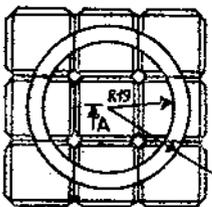
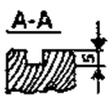
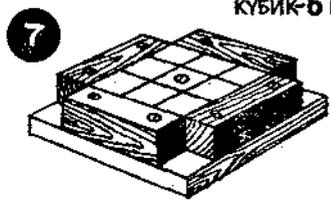
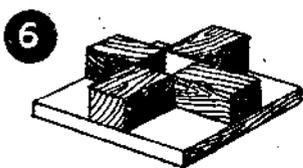
ЦЕНТРАЛЬНЫЙ КУБИК



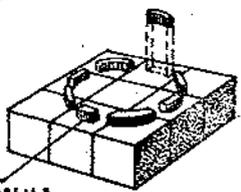
УГЛОВОЙ КУБИК-8 ШТУК

БОРТОВОЙ КУБИК-12 ШТУК

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ КУБИК-6 ШТУК



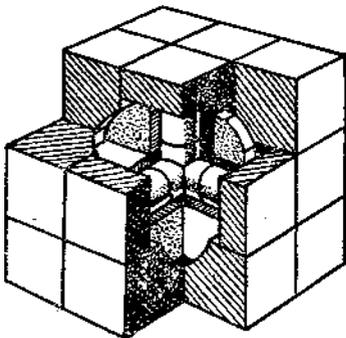
ЧАСТИ КОЛЬЦА



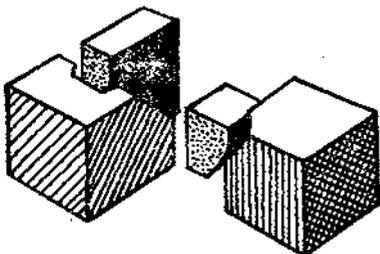
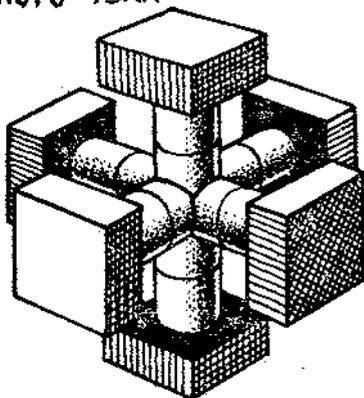
ны быть зажаты плотно, без люфтов. Желоб вырезается на токарном станке с четырехкулачковым патроном. Центром служит отверстие диаметром 2 мм, просверленное строго по центру центрального кубика (поз. 8). Главный центральный («двадцать седьмой») кубик можно сделать из металла или очень прочного дерева. А можно отлить его из эпоксидной смолы, пользуясь приспособлением, показанным на поз. 6. Внутренние размеры этой формы такие же, как у всех заготовок для кубиков: 20X20X20 мм. Поверхность формы должна быть очень тщательно отшлифована и перед заливкой смазана жидким машинным маслом, чтобы отливка не приклеилась к форме.

Далее нужно вырезать 6 алюминиевых или латунных колец толщиной 5 мм. Каждое кольцо надо разметить, как показано на поз. 9, и осторожно тонким полотно вырезать заштрихованные участки. Их нужно наклеить эпоксидным клеем на поверхности угловых и бортовых кубиков, руководствуясь поз. 10.

Для более прочного контакта кольцевых секторов с поверхностью кубиков можно вырезать кольца толщиной не 5, а 6 мм, а на кубиках в месте приклейки вырезать круговой паз глубиной 1 мм, в который ставятся приклеиваемые части кольца. Этот



## КОНСТРУКЦИЯ ЦЕНТРАЛЬНОГО УЗЛА



**БОРТОВОЙ  
КУБИК**

**УГЛОВОЙ  
КУБИК**

паз продельвается тем же способом, что и желоб, с помощью токарного станка и приспособления, изображенного на поз. 7. Все борта, края и острые углы должны быть аккуратно отшлифованы и иметь слегка закругленную форму.

Как бы тщательно вы ни соблюдали все размеры, все равно с первого раза кубик может «не собраться». Это не беда. С помощью надфилей, а может быть, и вновь токарного станка производится окончательная подгонка всех деталей.

Отверстия, просверленные по центру центральных кубиков, можно расширить зенкером с диаметром 15 мм до глубины



# СКОЛЬКО КЛЕТОК ВЫ ЗАПОМНИЛИ?

Суть этой игры, тренирующей зрительную память, в следующем. Включен игровой автомат (рис. 1). На лицевой панели загорелось пять клеток. Через несколько секунд они погасли. Вам предстоит теперь включить тумблеры тех клеток, где горели лампы. На припоминание и действия отведено строго определенное время, по истечении которого загорится табло «Конец игры», и на панели замигают лампы, которые вам так и не удалось припомнить.

Принципиальная схема автомата приведена на рисунке 2. Рассмотрим работу его электронных цепей. После включения автомата в сеть отрицательный потенциал подается на базу транзистора V3, он открывается, и реле K3 срабатывает. Замкнувшиеся контакты K3.1 подключают отрицательный потенциал к базе транзистора V4, он открывается, и реле K2 срабатывает; замкнувшиеся контакты K2.1 подключают отрицательный потенциал к базе транзистора V5, он открывается, и реле K1 срабатывает. Таким образом, после

включения автомата в сеть срабатывают реле K1, K2 и K3.

При включении тумблера S26 «Старт» образуется замкнутая цепь: плюс выпрямителя, замкнутые контакты S26.2 и K4.1, замкнувшиеся контакты K3.2 и K1.2, галетный переключатель S27, диоды V14—V18, лампы H1—H5, минус выпрямителя. Лампы H1—H5 загораются. При размыкании контактов S26.1 конденсатор C5 начинает разряжаться по двум параллельным цепям: R6, R7, R5, эмиттерный переход транзистора V3, R8. Через некоторое время (в течение которого игрок запоминает расположение горящих ламп на панели) напряжение на обкладках конденсатора C5 и коллекторный ток транзистора V3 настолько уменьшаются, что реле K3 отключается. Контакты K3.2 размыкают цепь питания ламп H1—H5, и те гаснут. При размыкании контактов K3.1 конденсатор C6 начинает разряжаться по двум параллельным цепям: R11, R12, R10, эмиттерный переход транзистора V4, R13. Наконец напряжение на обкладках

---

15 мм. Главный центральный кубик следует просверлить по центру граней со всех шести сторон, но с меньшим диаметром, чтобы обеспечить прочную резьбовую связь всех деталей кубика.

Теперь нужно все кубики покрасить черной тушью, за исключением желобов и металлических частей. После того как тушь высохнет, хорошо бы все скользящие поверхности покрыть тонким

слоем воска или парафина.

Можно приступать к пробной сборке. Соберите для начала один бортовой слой, затем на нем соберите последовательно второй и третий. Все центральные кубики привинтите к главному центральному винтами 2X25 или 2X27 мм. Очень туго затягивать не надо. Теперь проверьте, действует ли кубик.

Если действует, остается лишь

конденсатора С6 и коллекторный ток транзистора V4 настолько уменьшаются, что реле K2 отключается.

Время, за которое это произойдет, и отводится игроку, чтобы он вспомнил, какие лампы горели, и включил на панели соответствующие им тумблеры.

Допустим, что игрок включил правильно 4 выключателя — S1, S2, S4, S5, и вместо S3—S10. Загораются лампы Н1, Н2, Н4, Н5, Н10.

При отключении реле K2 замыкаются контакты K2.2 и включают мультивибратор на транзисторах V1 и V2, в одно из плеч которого включено реле K4 (частота колебаний мультивибратора примерно 2 Гц). Контакты K4.1, замыкаясь и размыкаясь, включают и выключают

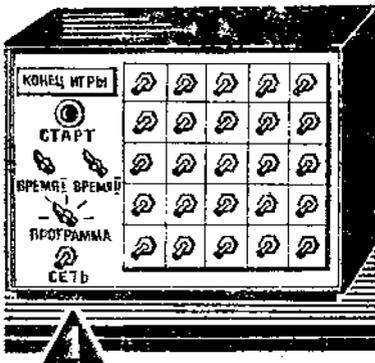
лампы Н1—Н5. Поскольку лампы Н1, Н2, Н4 и Н5 подключены к источнику тока выключателями S1, S2, S4 и S5 независимо от контактов K4.1, то они продолжают гореть, а лампа Н3 мигает с частотой замыкания контактов K4.1.

Одновременно (при отключении реле K2) контакты K2.4 замыкают цепь питания лампы Н26, которая подсвечивает табло «Конец игры».

При размыкании контактов K2.1 конденсатор С7 начинает разряжаться по двум параллельным цепям (проследите по схеме). Через некоторое время напряжение на обкладках конденсатора С7 и коллекторный ток транзистора V5 настолько уменьшатся, что реле K1 отключится. Контакты K1.1 отключают мультивибратор, контакты K1.2 отключают питание ламп через галетный переключатель, контакты K1.3 отключают табло «Конец игры» (лампу И26). На панели остаются гореть лампы, включенные игроком.

Для того чтобы начать игру снова, необходимо отключить горящие на панели лампы и вернуть выключатель «Старт» в исходное положение.

Настройку автомата следует начать с настройки периода колебаний мультивибратора. Изменяя величину сопротивления резисторов R2 и R3, устанавливают период колебаний мультивибратора в пределах 0,5—0,7 с. Затем рези-



внешняя отделка. Внешние поверхности кубиков следует выкрасить безводной краской: верхнюю сторону в белый цвет, нижнюю — в желтый, переднюю — в синий, заднюю — в зеленый, правую — в оранжевый, левую — в красный. Если нет краски, можно наклеить на кубики квадратные кусочки цветной бумаги, а сверху покрыть бесцветным нитролаком. Кубик готов.

И последнее пожелание. Мы надеемся, что кубик Рубика поможет вам развить смекалку и логическое мышление, но, пожалуйста, только не на уроках! Помните: делу время — потеле час.

**М. МЫЛЬНИКОВ**

**Рисунки В. РОДИНА**