

нибудь на $50 - m$ пар и для каждой пары добавим перелет, соединяющий города этой пары. Всего как раз получается $m - 1 + 50 - m = 49$ перелетов. Изобразим теперь страну в виде графа: вершинами будут города, а ребрами — дороги и выбранные нами 49 перелетов. Мы получим связный граф (от любой вершины можно добраться до любой другой по ребрам), в котором из вершин A_1 и B_m выходит нечетное число ребер, а из остальных вершин — четное. Такой граф называется *эйлеровым*, и в нем обязательно найдется маршрут, начинающийся в A_1 и заканчивающийся в B_m , проходящий по каждому ребру ровно один раз (попробуйте доказать это). Значит, у путешественника есть маршрут, использующий ровно 49 перелетов, в котором каждая дорога встречается один раз.

Об эйлеровых графах и о графах вообще можно прочитать в замечательной книге О.Оре «Графы и их применение».

4. Для начала докажем, что простых чисел бесконечно много. Пусть это не так, и $p_1, \dots, p_n$ — все простые числа. Рассмотрим число $p_1 \dots p_n + 1$. Очевидно, что оно не делится ни на какое p_i . Это означает, что либо оно само простое, либо делится на какое-то простое число, отличное от $p_1, \dots, p_n$. В любом случае найдено еще одно, $(n + 1)$ -е простое число — противоречие.

Теперь легко показать, что и уютных чисел бесконечно много. Заметим, что числа $p - 2$, p , $p + 2$ дают разные остатки от деления на 3. Тогда если p — простое число, большее 5, то одно из чисел $p - 2$, $p + 2$ делится на 3 и при этом больше 3, т.е. составное. Если это $p - 2$, то число $p - 1$ уютное, а если

$p + 2$, то $p + 1$ уютное.

Так можно найти уютное число «рядом» с каждым простым числом, большим 5. Значит, и уютных чисел бесконечно много.

5. Из точки A опустим перпендикуляры AE и AF на лучи CB и CD соответственно. При этом образуются равные прямоугольные треугольники ACE и ACF с острым углом 60° при вершине C

Рис. 2

(рис.2). Тогда второй острый угол в них равен 30° , поэтому $CE = CF = \frac{1}{2} AC$ и $CE + CF = AC$. Из рисунка видно, что

задача свелась теперь к проверке равенства $BE + DF = BD$.

На луче DF за точкой F отметим точку K , такую что $FK = BE$. Теперь осталось доказать, что $BD = DK$. Для этого достаточно установить равенство треугольников BAD и KAD , что мы сейчас и сделаем. Треугольники AFK и AEB равны по двум катетам, и, следовательно, $AK = AB$, $\angle BAE = \angle FAK$ (мы просто «приставили» треугольник AEB к стороне AF треугольника ADF). Так как каждый из углов BAC и DAF дополняет угол CAD до 30° , они равны друг другу. Точно так же получим, что $\angle CAD = \angle BAE$. Значит, $\angle BAD = \angle BAC + \angle CAD = \angle DAF + \angle FAK = \angle DAK$, и треугольники BAD и KAD равны по двум сторонам и углу между ними.

КАЛЕЙДОСКОП «КВАНТА»

Вопросы и задачи

1. Да, примерно такую массу имеет точка типографского шрифта.
2. Приблизительно сто тысяч миллиардов атомов.
3. Если считать молекулы шариками, плотно прилегающими друг к другу, то на каждую из них приходится $(1/N_A)$ -я

часть молярного объема. Извлекая кубический корень из этого объема, находим диаметр молекулы. Для воды он составляет примерно 0,3 нм, для спирта 0,46 нм.

4. Когда смешивают два вещества, молекулы одного из них могут «занять» часть объема в пространстве между молекулами другого, при этом объем смеси будет меньше, чем сумма первоначальных объемов обоих веществ. Это уменьшение объема особенно заметно, если размеры молекул одного вещества значительно меньше, чем у другого.

5. Расчет, аналогичный приведенному в решении задачи 3, дает величину среднего расстояния между молекулами водорода примерно 30 нм, что в 150 раз больше диаметра самой молекулы (около 0,2 нм).

6. Разрежение газа ведет к увеличению длины свободного пробега (а это десятки нанометров при нормальных условиях) электронов и ионов под действием электрического поля, т.е. к увеличению их кинетической энергии. Поэтому при уменьшении плотности воздуха ионизация его молекул наступает при более низком напряжении.

7. Вода просачивается через мельчайшие поры глиняного сосуда и обращается в пар. На испарение расходуется энергия, отнимаемая от сосуда с водой, из-за чего он охлаждается. Температуры воды и воздуха сравниваются, если окружающий воздух будет насыщен водяными парами.

8. Нет. Водяной пар, состоящий из молекул воды размером менее нанометра, невидим. То, что мы наблюдаем, это туман, состоящий из капелек воды много большего размера, образующихся при конденсации пара.

9. Легкие, т.е. более подвижные, частицы быстрее проходят сквозь нанометровые поры перегородки. Поэтому сначала выравнивается число легких частиц в единице объема, и давление в секции, где находились тяжелые частицы, увеличивается. Через некоторое время становится одинаковой и плотность тяжелых частиц, и давления выравниваются.

10. С увеличением размеров частицы число ударов молекул о ее поверхность возрастает пропорционально квадрату ее размера, тогда как масса растет пропорционально кубу размера, поэтому молекулам становится все труднее и труднее сдвинуть частицу.

11. При нагревании проволоки расстояния между атомами, составляющие доли нанометра, в среднем увеличиваются, а силы притяжения между ними соответственно уменьшаются.

12. Вода смачивает песок и обволакивает каждую песчинку. Сокращая свою свободную поверхность под влиянием поверхностного натяжения, вода препятствует расползанию песчинок.

13. Припой (легкоплавкий сплав) заполняет мельчайшие неровности поверхностей и, отвердев, обеспечивает прочное сцепление проводов межмолекулярными силами, действующими на расстояниях меньше нанометра.

14. Смачивая края поверхностной трещины на стекле, вода оказывает на него «расклинивающее» действие, что способствует раздвиганию стенок трещины.

15. Благодаря смачиванию, в многочисленных порах и мельчайших капиллярах кирпича бензин хорошо удерживается силами поверхностного натяжения. По мере нагревания бензин частично вытекает, частично испаряется и таким образом поддерживает огонь для обогрева.

16. Вода во внутреннем слое мыльной пленки постепенно стекает вниз, и верхняя часть пленки становится все тоньше. Когда ее толщина достигает размеров двух диаметров молекул мыла, иначе говоря промежуточный водяной слой исчезает, при интерференции отраженных лучей света в столь тонкой пленке гасятся волны всех длин, и возникает темное пятно. Это — свидетельство того, что пленка слишком тонка и скоро лопнет.

Микроопыт

При температуре 220 – 350 °С сталь покрывается нанометровой прозрачной оксидной пленкой. Конкретная толщина пленки обусловлена температурой, а от толщины зависит результат интерференции отраженных световых лучей.

ПОДВИГ ЮНОГО БЕРТОЛЬДА

Узники могли действовать, например, так. Выберем одного из узников «счетчиком» (собственно, им и был юный Бертольд). Он будет считать узников, которые посетили Черную-черную комнату, следующим образом. Вначале число подсчитанных узников равно нулю. Далее, если, приходя в Черную-черную комнату, «счетчик» обнаруживает, что свет включен, он прибавляет к уже посчитанному числу узников единицу и выключает свет, если же свет не горит, то он, ничего не меняя, возвращается обратно в свою камеру. Каждый из прочих, обычных узников, действует по такому правилу: если, приходя в Черную-черную комнату, он обнаруживает, что свет не горит, и он до этого ни разу не включал свет, то он его включает. В остальных случаях он ничего не меняет.

Когда число посчитанных узников становится равным 19, «счетчик» говорит, что все узники уже побывали в комнате. Эта стратегия приводит к желаемому результату. В самом деле, каждый узник, кроме Бертольда, включит свет в комнате не более одного раза, а Бертольд вообще не включает свет. Если «счетчик» насчитал 19, значит, каждый из оставшихся узников побывал в комнате хотя бы раз. И «счетчик» там, конечно, тоже уже был.

Почему Бертольд непременно досчитает до 19? Допустим, это не так, т.е. свет будет включен менее 19 раз, – досчитав до некоторого числа $m < 19$, «счетчик» выключит свет, и больше лампа никогда не будет зажжена. Но поскольку прочих драконовцев 19, обязательно найдется узник, еще не зажавший лампу. По условию, он окажется в Черной-черной комнате и после указанного момента и должен будет включить свет. Противоречие.

Попробуйте решить более сложную задачу – придумайте стратегию узников, если неизвестно, включена вначале лампа или выключена.

ДИНАМИКА ДВИЖЕНИЯ ПО ОКРУЖНОСТИ

- $v_{\min} = \sqrt{gR \sin \alpha \frac{\operatorname{tg} \alpha + \mu}{\mu \operatorname{tg} \alpha - 1}} = 26 \text{ м/с}$ (здесь $\cos \alpha = \frac{h}{R}$).
- $R = \frac{mv^2}{\mu u} = 9000 \text{ км.}$
- $\frac{T_{\max}}{T_{\min}} = \frac{l + 2h}{l - h} = 3.$
- $\omega = \sqrt{\frac{3Gm}{a^2}}.$
- $\omega = \sqrt{k \frac{q^2}{ma} \left(\frac{5}{4} - \frac{\sqrt{3}}{3} \right)}.$
- $\Delta \omega = \frac{qB}{m} = 6 \text{ с}^{-1}.$

XXXI ТУРНИР ГОРОДОВ

ЗАДАЧИ ОСЕННЕГО ТУРА (2009 год)

Базовый вариант

8 – 9 классы

2. Разобьем гирьки на пары с разностью масс 20 г: (1, 21), (2, 22), ..., (20, 40). Если на весах окажутся обе гирьки какой-то пары, все доказано. Иначе на весах оказалось ровно по одной гирьке из каждой пары. Тогда (независимо от выбора гирек в каждой паре) масса гирь на правой чашке весов при делении на 20 даст тот же остаток, что и сумма $1 + 3 + \dots + 19 = 100$ (т.е. 0), а масса гирь на левой чашке даст тот

же остаток, что и сумма $2 + 4 + \dots + 20 = 110$ (т.е. 10). Противоречие: по условию эти массы равны.

3. 8 квадратов.

Если вершина A квадрата $ABCD$ лежит на окружности с центром O , то точки B, D и O лежат на окружности радиусом 5 см и центром A (рис. 3).

Вписанный угол BOD равен 45° – как половина центрального угла BAD . Итак, по условию

каждый выложенный квадрат виден из центра под углом 45° , и границы соседних углов совпадают, поэтому всего Петя сможет выложить $360^\circ/45^\circ = 8$ квадратов. Пусть $EDFG$ – еще один выложенный квадрат (E лежит на окружности). $OADE$ – ромб, поэтому $\angle OAD = \angle OED$. Отсюда

$$\angle OAB = 360^\circ - 90^\circ - \angle OAD = 360^\circ - 90^\circ - \angle OED = \angle OEG.$$

Треугольники OAB и OEG равны по двум сторонам и углу между ними, значит, $OB = OG$. Итак, вершины квадратов, противоположные общей, равноудалены от O . Таким образом, одна вершина первого квадрата и одна вершина восьмого лежат на одном и том же луче из O на одинаковом расстоянии от O . Значит, они совпадают.

10 – 11 классы

2. Первое решение.

Плоскости α и β параллельны, так как $EF \parallel BC$ и $AF \parallel CD$ (рис.4). Если бы они не совпадали, то пересекали бы на параллельных прямых AB и DE равные отрезки $AB = DE$. Значит, все 6 точек лежат в плоскости AEF .

Второе решение. Вектор

$\overrightarrow{AD}$ двумя разными способами выражается через векторы $\overrightarrow{AB}$, $\overrightarrow{BC}$ и $\overrightarrow{CD}$: $\overrightarrow{AD} = \overrightarrow{AB} + \overrightarrow{BC} + \overrightarrow{CD} = \overrightarrow{ED} + \overrightarrow{FE} + \overrightarrow{AF} = a\overrightarrow{AB} + b\overrightarrow{BC} + c\overrightarrow{CD}$, где $a \neq 1$. Поэтому векторы $\overrightarrow{AB}$, $\overrightarrow{BC}$ и $\overrightarrow{CD}$ компланарны.

4. Пусть $A_1 A_2 \dots A_{2009}$ – правильный 2009-угольник со стороной 1, ϕ – его угол, P – его периметр, M – наш 2009-угольник площади S , a_i – расстояние от A_i до ближайшей по часовой стрелке отмеченной вершины ($i = 1, 2, \dots, 2009$). Сторона многоугольника M отсекает от угла A_i правильного многоугольника треугольник площади $0,5 \sin \phi (1 - a_{i-1}) a_i$ (рис.5). Суммируя отсеченные площади, получаем

$$0,5 \sin \phi ((a_1 + a_2 + \dots + a_{2009}) - (a_1 a_2 + a_2 a_3 + \dots + a_{2009} a_1)).$$

После отражения сторона нового 2009-угольника отсекает от

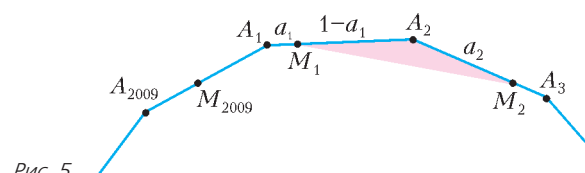


Рис. 5

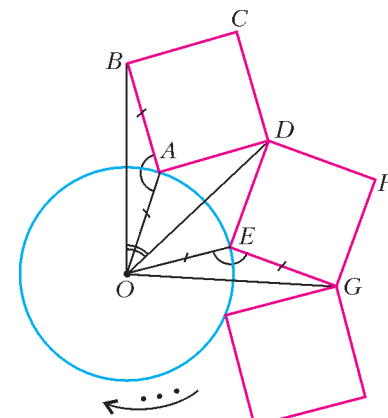


Рис. 3

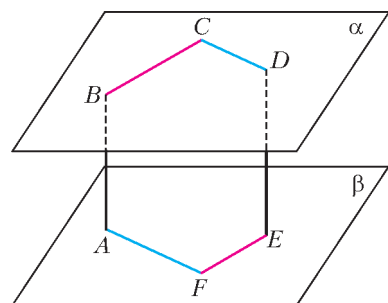


Рис. 4

угла A_i треугольник площади $0,5 \sin \varphi \cdot a_{i-1}(1 - a_i)$. Суммируя отсеченные площади, снова получаем тот же результат.

5. Первое решение. Отметим на каждом пути из южной столицы Ю в северную С самую первую платную дорогу числом 1. Докажем, что на каждом пути p осталось не менее 9 неотмеченных платных дорог.

Выберем на p ближайшую к С отмеченную дорогу d . Поскольку она отмечена, она была 1-й платной на некотором пути q . Пройдем от Ю до d по (бесплатным дорогам) пути q , а далее через d вдоль p до С. По условию на таком пути не менее 10 платных дорог, и только дорога d отмечена. Значит, на участке пути от d до С есть не менее 9 неотмеченных платных дорог.

Объявим временно отмеченные дороги бесплатными и отметим на каждом пути первую платную дорогу числом 2. Теперь на каждом пути останется не менее 8 платных дорог. Повторяя рассуждение, расставим отметки 3, ..., 10 на каждом пути. Раздадим дороги компаниям в соответствии с их «номерами». Оставшиеся платные дороги раздадим произвольно.

Второе решение. Пусть проезд по каждой платной дороге стоит 1 тугрик. Назовем *весом* дороги наименьшую сумму, которую надо заплатить, чтобы, выехав из южной столицы, проехать по этой дороге.

Докажем, что вес самой северной дороги каждого пути не меньше 10. Предположим противное – что вес последней дороги на пути p не превосходит 9. Тогда до нее можно дойти, заплатив не более 8 тугриков. Продолжив путь по остатку пути p , мы получим (в противоречии с условием) пример пути, на котором менее 10 платных дорог. Заметим, что первая платная дорога на каждом пути имеет вес 1. При переходе к следующей дороге вес не меняется или увеличивается на 1. Поэтому на каждом пути есть дороги любого веса от единицы до 10. Отдадим k -й компании все дороги веса k , а дороги, вес которых больше 10, распределим произвольно.

Сложный вариант

8 – 9 классы

1. Отольем из каждого кувшина во все остальные $1/10$ от первоначального количества молока в данном кувшине. Тогда молоко из каждого кувшина распределится поровну по всем 10 кувшинам, и, значит, во всех кувшинах станет одинаковое количество молока.

2. Пусть левая грань большого куба – разноцветная. Тогда найдутся два соседних разноцветных квадрата. Повернем большой куб так, чтобы соответствующие кубики были один над другим. Они образуют параллелепипед $2 \times 1 \times 1$ с разноцветной (скажем, сине-белой) левой гранью. Тогда общая горизонтальная грань этих кубиков красная, а все вертикальные грани 2×1 у Π – сине-белые. Рассмотрим параллелепипед $\Pi' 2 \times 1 \times 1$, примыкающий к Π по грани 2×1 . У него есть сине-белая грань, значит, и все его грани 2×1 – сине-белые. Так продолжая, видим, что в двойном горизонтальном слое $2 \times 10 \times 10$, содержащем Π , у всех вертикальных параллелепипедов $2 \times 1 \times 1$ есть сине-белая грань, и, значит, общая грань красная. Итак, в двойном слое одинарные слои $1 \times 10 \times 10$ соприкасаются по красной грани 10×10 , значит, и верхняя грань большого куба – тоже красная.

5. а) Пусть $N + 1 = k^2$. Выберем гири масс $1, 2, \dots, k$, их сумма равна $\frac{k^2 + k}{2}$. Среднее арифметическое оставшихся

последовательных чисел равно полусумме крайних, т.е.

$$\frac{k + 1 + k^2 - 1}{2} = \frac{k^2 + k}{2}.$$

б) Общая масса всех N гирек равна $\frac{N^2 + N}{2}$. Пусть мы выб-

рали k гирек общей массой S так, что средняя масса оставшихся $N - k$ гирек равна S . Значит, $\frac{N^2 + N}{2} - S = (N - k)S$, что равносильно равенству $2S(N - k + 1) = N^2 + N$. Отсюда следует, что $2S > N + k$, поскольку

$$N^2 + N > N^2 + N - k^2 + k = (N + k)(N - k + 1).$$

С другой стороны, если мы выбираем k наименьших гирь, то средняя масса оставшихся будет *наибольшей* и равной

$$\frac{N + k + 1}{2}, \text{ т.е. (при любом выборе гирь) } 2S \leq N + k + 1.$$

Итак, единственный возможный вариант – выбрать k *наименьших* гирь, удвоенная общая масса $k^2 + k$ которых должна *равняться* $N + k + 1$. Отсюда $N + 1 = k^2$.

10 – 11 классы

2. Пусть размеры прямоугольника $a \times b$, $a < b$ и сторона b горизонтальна. Сожмем прямоугольник равномерно по горизонтали так, чтобы стороны стали равны. Получим разбитый на прямоугольники квадрат. Каждая его часть получена сжатием плитки по горизонтали в b/a раз. Значит, она имеет меньшую ширину, но ту же высоту, и такую часть можно отрезать от плитки вертикальным разрезом. Оставшаяся часть плитки получается из нее сжатием по горизонтали в $b/(b - a)$ раз. Соответственно, из них можно сложить прямоугольник, получающийся из исходного сжатием в $b/(b - a)$ раз.

3. **Первое решение.** Поместим в каждую вершину массу, обратно пропорциональную длинам проведенных из этой вершины касательных к сфере (все три касательные для данной вершины, очевидно, равны). Тогда точка касания ребра совпадает с центром масс этого ребра, и все три отрезка из условия задачи пересекаются в центре масс тетраэдра.

Второе решение. Пусть K, L, M, N, P, R (рис.6) – точки, в которых соответственно ребра AB, AC, AD, BC, BD, CD тетраэдра касаются сферы, a, b, c, d – длины касательных, выходящих соответственно из вершин A, B, C, D .

Плоскости ABD и BCD пересекаются по прямой BD . По теореме Менелая (примененной к треугольнику ABD) прямая MK пересекает BD в точке, делящей отрезок BD (внешним образом) в отношении $\frac{AM}{DM} \cdot \frac{BK}{AK} = \frac{a}{d} \cdot \frac{b}{a} = \frac{b}{d}$. По той же

причине прямая RN пересекает BD в той же точке: $\frac{CR}{DR} \cdot \frac{BN}{CN} = \frac{c}{d} \cdot \frac{b}{c} = \frac{b}{d}$. (Если $b = d$, то MK и RN параллельны BD .)

Значит, прямые MK и RN лежат в одной плоскости (пересекаются или параллельны). Следовательно, прямые MN и KR также пересекаются.

Аналогично, прямая LP пересекает MN и KR .

Поскольку эти три прямые очевидно не лежат в одной плоскости, они должны пересекаться в одной точке.

5. Построим параллелограмм $BCDI$ (рис.7). По условию треугольники ABI и XYZ равны. Значит, отрезок AI параллелен и равен FE , т.е. $AIEF$ – тоже параллелограмм.

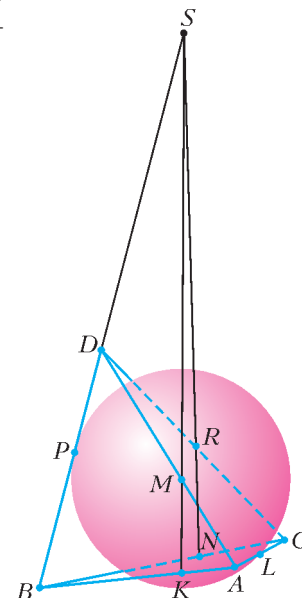


Рис. 6

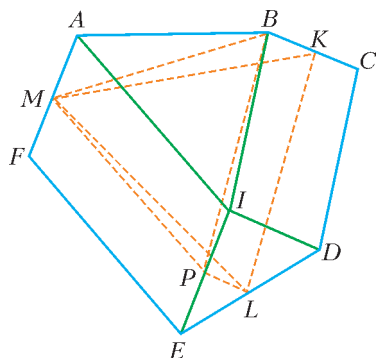


Рис. 7

Пусть K, L, M – середины сторон BC, DE, FA соответственно, P – середина EI .

Тогда

$$S_{KLM} > S_{MPB} > S_{ABI} = S_{XYZ}.$$

Оба неравенства следуют из следующего очевидного утверждения:

Пусть $TUVW$ – параллелограмм, точка R и отрезок VW лежат по разные стороны от прямой TU .

Тогда

$$S_{RVW} > S_{RTU}.$$

(В первом неравенстве используется параллелограмм $BKLP$, во втором – $AIPM$.)

Замечание. В этой задаче есть досадный второй случай, который не учитывает приведенное решение: когда шестиугольник и треугольник, данные в условии, ориентированы по-разному (т.е. шестиугольник при чтении букв – названий вершин – обходится по часовой стрелке, а треугольник – против). В этом случае, если достраивать на одной из сторон шестиугольника наш треугольник, он будет торчать наружу! Вот набросок решения для этого случая. Он сводится к первому следующей перестройкой шестиугольника (рис.8). Здесь

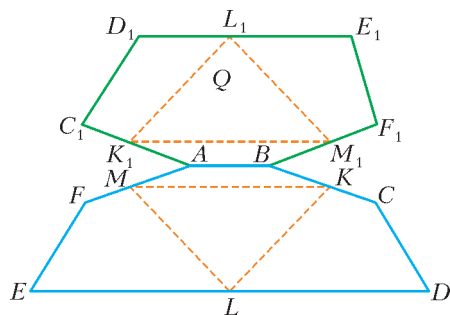


Рис. 8

$\overline{AC_1} = \overline{CB}$, $\overline{C_1D_1} = \overline{EF}$, $\overline{BF_1} = \overline{FA}$, $\overline{F_1E_1} = \overline{DC}$. Отсюда легко следует, что $\overline{K_1L_1} = \overline{LK}$, $\overline{K_1M_1} = \overline{MK}$, $\overline{L_1M_1} = \overline{ML}$, т.е. серединный треугольник не изменился.

7. При $N = 2^k$, $k = 0, 1, 2, \dots$

Заменим бочонки на нули и единицы, стоящие по кругу.

Пусть $N \neq 2^k$, $k = 0, 1, 2, \dots$ Покажем, что при невезении Али-Баба никогда не откроет пещеру. Можно считать, что мы играем против Али-Бабы, вращая круг, и что он заранее говорит нам, на каких местах он будет менять цифры на каждом (в том числе и на первом) ходу.

Рассмотрим сначала случай, когда N нечетно. Расставим на круге нули и единицы так, чтобы Али-Баба не выиграл первым своим (известным нам) ходом (т.е. чтобы после его хода на круге были как нули, так и единицы).

Пусть Али-Баба на очередном ходу выбрал для замены определенные k мест. Он выиграет, только если эти k мест совпадут либо со множеством всех нулей, либо со множеством всех единиц. Но число нулей не равно числу единиц (сумма чисел нечетна!). Значит, каких-то цифр – не k штук. Загнав поворотом такую цифру на одно из выбранных k мест, мы не дадим Али-Бабе выиграть следующим ходом.

Случай, когда N четно, но имеет нечетный делитель m , сводится к разобранному. Отметим на большом круге m равноотстоящих мест и забудем про остальные. Действуя, как описа-

но выше, мы сможем помешать Али-Бабе уравнивать все цифры на отмеченных местах.

Алгоритм выигрыша Али-Бабы для 2^k мест будем строить индуктивно. База для $k = 1$ очевидна. Пусть у нас есть алгоритм A_m для m мест. Построим A_{2m} . Начнем с частных случаев. Разобьем круг на m пар противоположных мест и установим соответствие между парами для $2m$ и местами для m .

1) Пусть мы знаем, что в каждой паре цифры равны. Применим алгоритм A_m , заменяя места целыми парами. Ясно, что когда замок открылся там, он откроется и тут.

2) Пусть мы знаем, что четность суммы в каждой паре одинакова. Применим A_m для пар. Если не открылось, то все суммы были нечетны. Но меняя оба числа пары, мы не меняем четности. Значит, все суммы остались нечетными. Изменим m цифр подряд (назовем эту операцию D). Теперь все суммы четны. Еще раз применив A_m для пар, откроем замок. Назовем алгоритм для этого случая B .

3) Применим теперь A_m для пар другим способом: цель – сделать суммы в парах одной четности. По-прежнему на каждом шагу мы выбираем набор пар согласно A_m , но меняем в каждой выбранной паре только по одной цифре. Назовем алгоритм C . Он гарантирует, что на каком-то шагу (мы не знаем, на каком) четности сумм совпадут. Дверь это, понятно, не откроет. Но мы схитрим: после каждого шага C применим B , а затем D . При совпадении сумм четностей B откроет дверь, а иначе BD не изменит четностей сумм.

журнал © Квант

НОМЕР ПОДГОТОВИЛИ

**С.А.Дориченко, А.А.Егоров, Е.М.Епифанов,
С.П.Коновалов, А.Ю.Котова, В.А.Тихомирова,
А.И.Черноуцан**

НОМЕР ОФОРМИЛИ

**Д.Н.Гришукова, А.Е.Пацхверия, В.М.Хлебникова,
П.И.Чернуский**

ХУДОЖЕСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР

Е.В.Морозова

КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРУППА

Е.А.Митченко, Л.В.Калиничева

**Журнал «Квант» зарегистрирован в Комитете РФ
по печати. Рег. св-во №0110473**

Адрес редакции:

119296 Москва, Ленинский проспект, 64-А, «Квант»

Тел.: 930-56-48

E-mail: admin@kvant.info, math@kvant.info,

phys@kvant.info

Сайт: kvant.info

**Отпечатано в ОАО ордена Трудового Красного Знамени
«Чеховский полиграфический комбинат»**

142300 г.Чехов Московской области,

Сайт: www.chpk.ru E-mail: marketing@chpk.ru

Факс: 8(49672) 6-25-36, факс: 8(499) 270-73-00

Отдел продаж услуг многоканальный: 8(499) 270-73-59