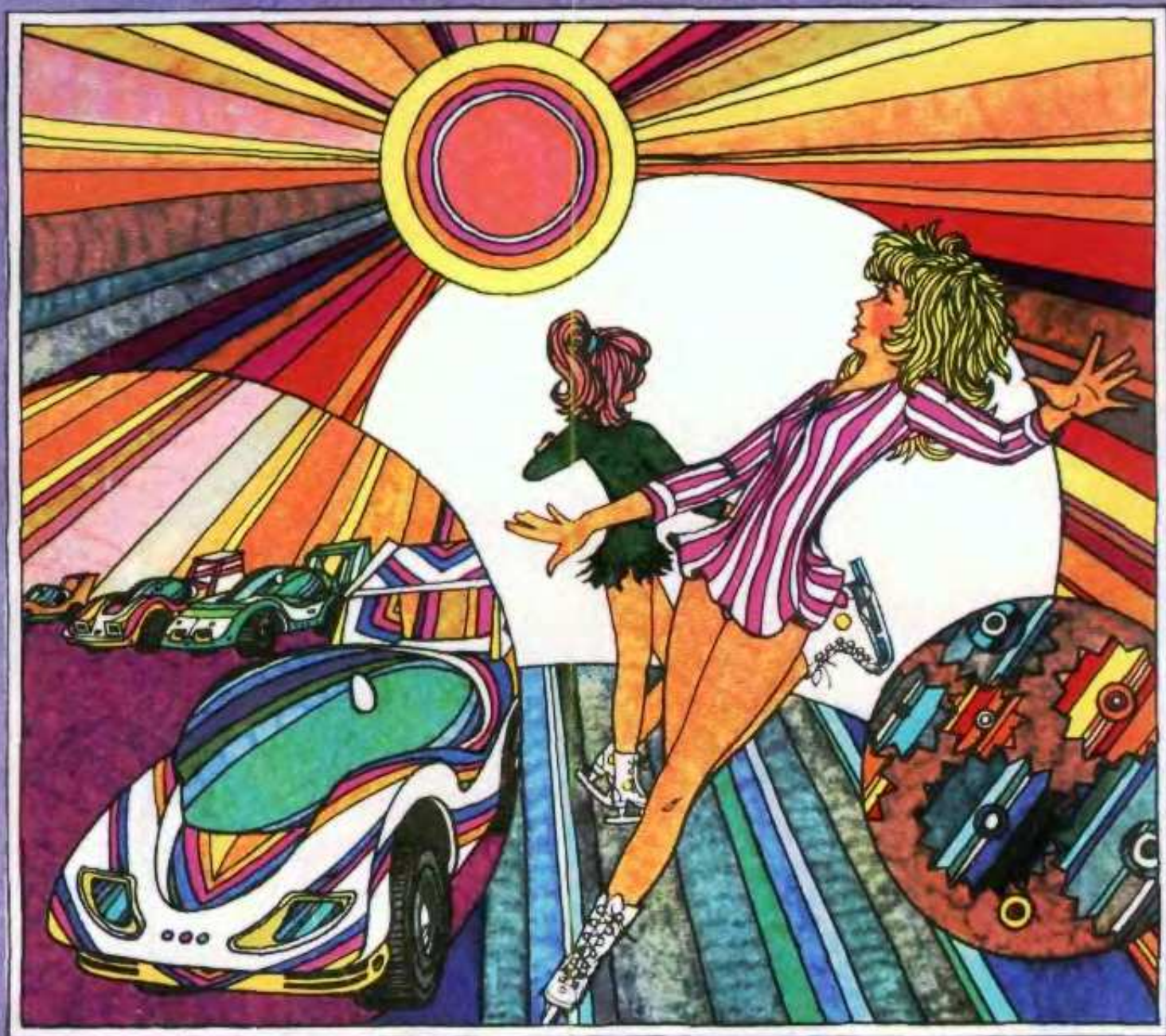




В. Лицевский

ПОЧЕМУ ЛЁД СКОЛЬЗКИЙ ?



ИЗДАТЕЛЬСТВО «МАЛЫШ» МОСКВА 1989



тобы объяснить, почему лёд скользкий, вначале придётся ответить на несколько других вопросов, среди которых есть и такой:

Что препятствует, мешает движению?

Представь себе, что ты катаешься на велосипеде. Вот ты разогнался, а затем перестал крутить педали. Какое-то время велосипед ещё продолжает двигаться, а затем останавливается.

ТРИБОЛОГИЯ

НАУКА О ТРЕНИИ

ТРЕНИЕ
СКОЛЬЖЕНИЯ



ТРЕНИЕ
КАЧЕНИЯ



Почему? Что мешает ему катиться бесконечно?

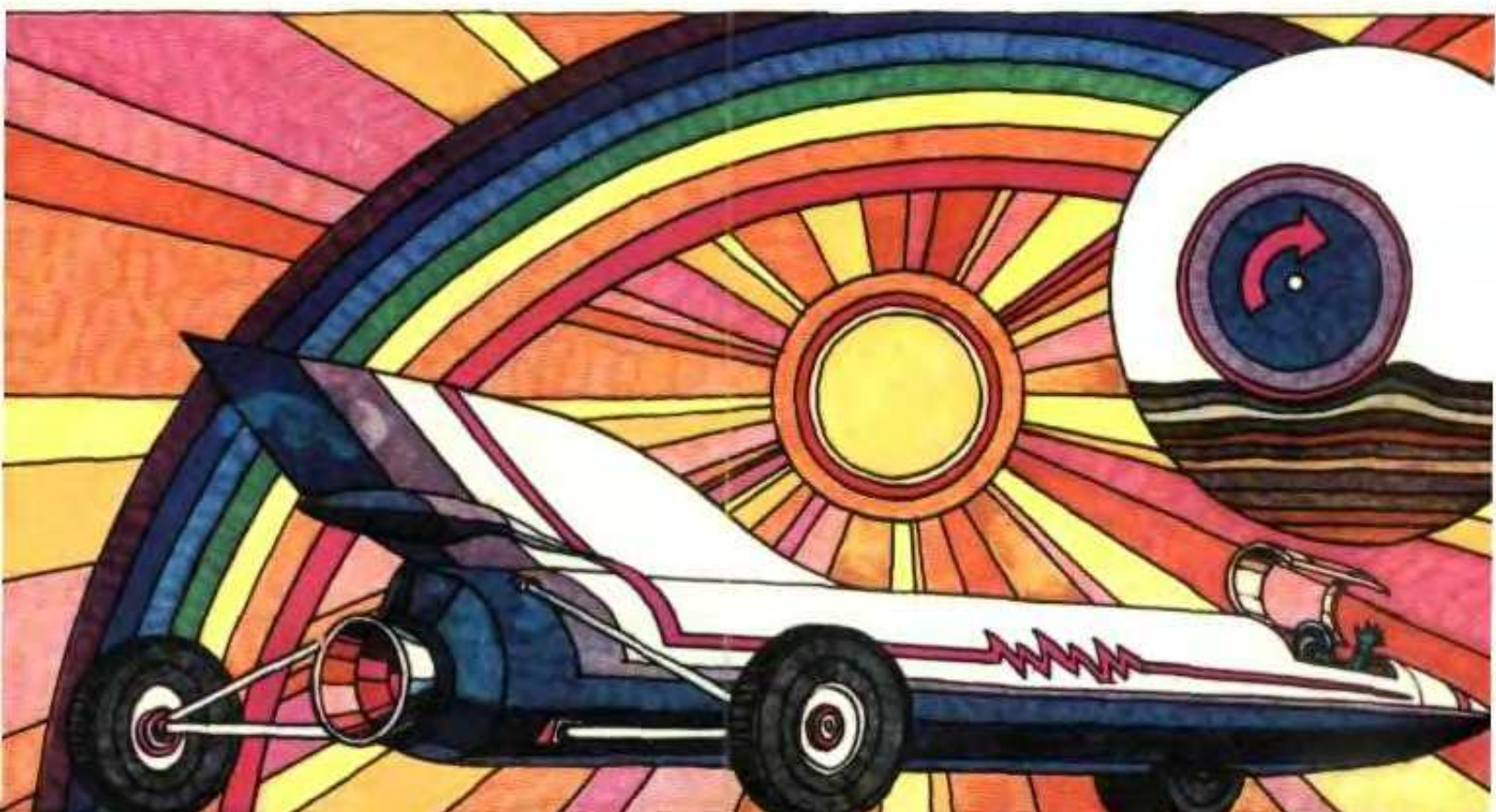
Во-первых, сопротивление воздуха. Оно мешает любому движению. Это сопротивление ты и сам ощущаешь, когда катаешься на коньках или спускаешься с горки на санках, на лыжах. Даже при тихой погоде чувствуешь, как ветер дует в лицо, стремится отбросить тебя назад.

Во-вторых, свободному движению велосипеда препятствует... дорога, по которой он катит. Все её шероховатости и неровности тормозят движение, снижают скорость. При перемещении одного тела по поверхности другого всегда возникает сопротивление. Его называют трением.

Трение — сложное явление природы. Оно имеет свои законы. Его изучает особая наука — трибология (от греческого слова «трибос», что означает «трение»). От трения очень многое зависит в нашей жизни.

Эта книжка расскажет тебе о трении.

Различают трение скольжения и трение качения. Трение скольжения ещё можно назвать трением «тащения», потому что оно возникает тогда, когда одно тело тащат по поверхности другого. Трущиеся поверхности всегда неровные, и зубрины одной из них цепляются за шероховатости дру-



гой. Чтобы уменьшить трение скольжения, соприкасающиеся поверхности шлифуют, делают их глаже, ровнее.

Трение качения возникает при движении колёс. Колесо под действием веса вдавливаются в дорогу, и ему приходится всё время взбираться на небольшой бугорок, образующийся перед ним. Колесо как бы всё время преодолевает маленькую горку. Чем дорога твёрже, тем колесо меньше проваливается в неё, тем меньше выступ перед колесом, тем легче ему катиться. Теперь ты понимаешь, почему на велосипеде легче ездить по асфальту, чем по песку. Чем грунт твёрже, тем легче по нему передвигаться. Именно по этой причине заезды на побитие мировых рекордов скорости проводят на высохших солёных озёрах, дно которых обладает большой твёрдостью.

Тебе, наверное, будет интересно узнать, что рекорд скорости на велосипеде равен 71,125 километров в час, на мотоцикле—512,7 километров в час, а на автомобиле—1019 километров в час. Это скорость реактивного самолёта. Автомобиль-рекордсмен, действительно, внешне напоминает собой ракету, расположенную горизонтально и имеющую по бокам четыре колеса.



И на самом деле — это ракета, так как у этого гоночного автомобиля стоит реактивный двигатель.

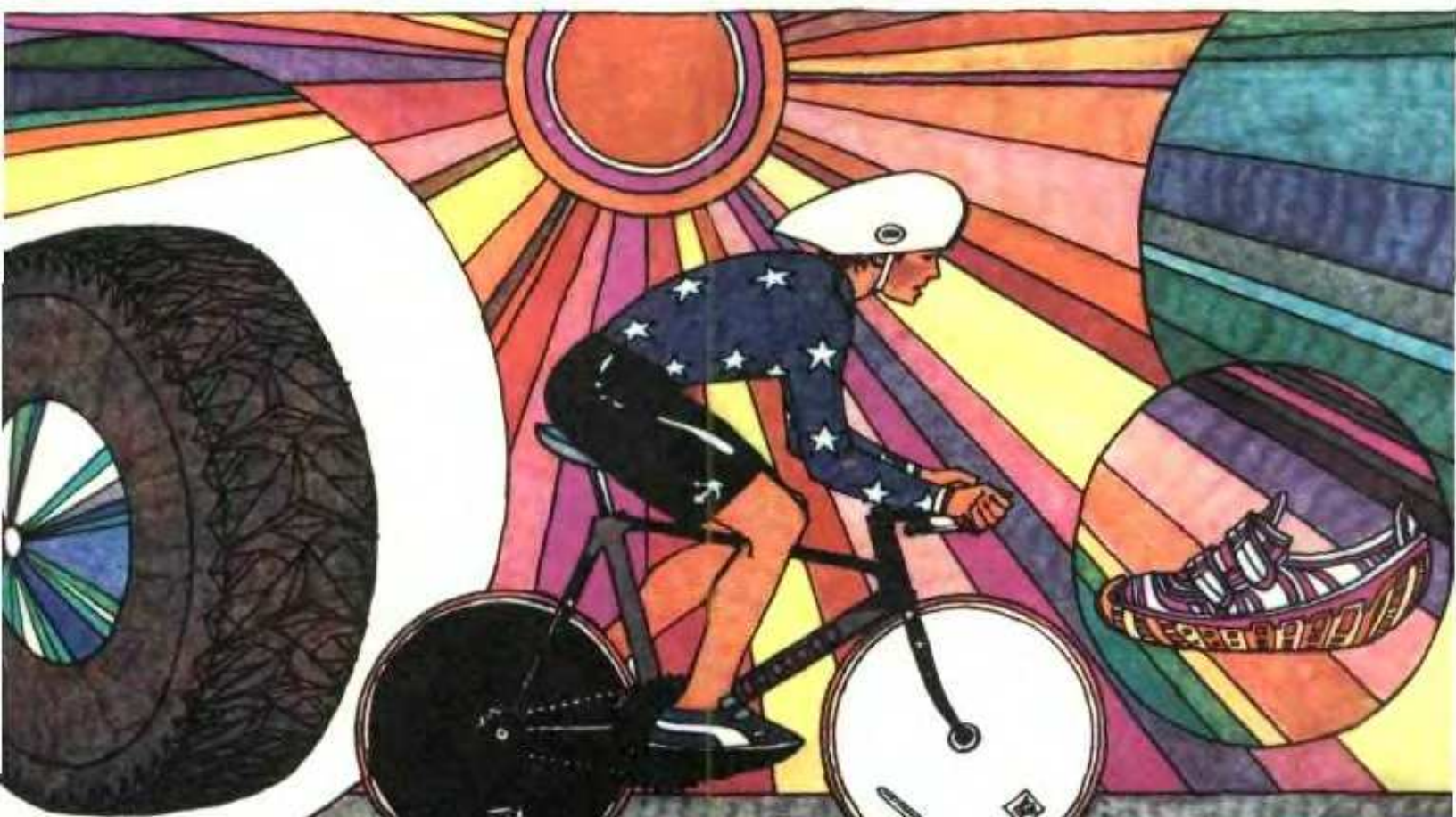
Итак, трение мешает движению, и поэтому оно не благо. Давай познакомимся с тем, какие ещё бывают

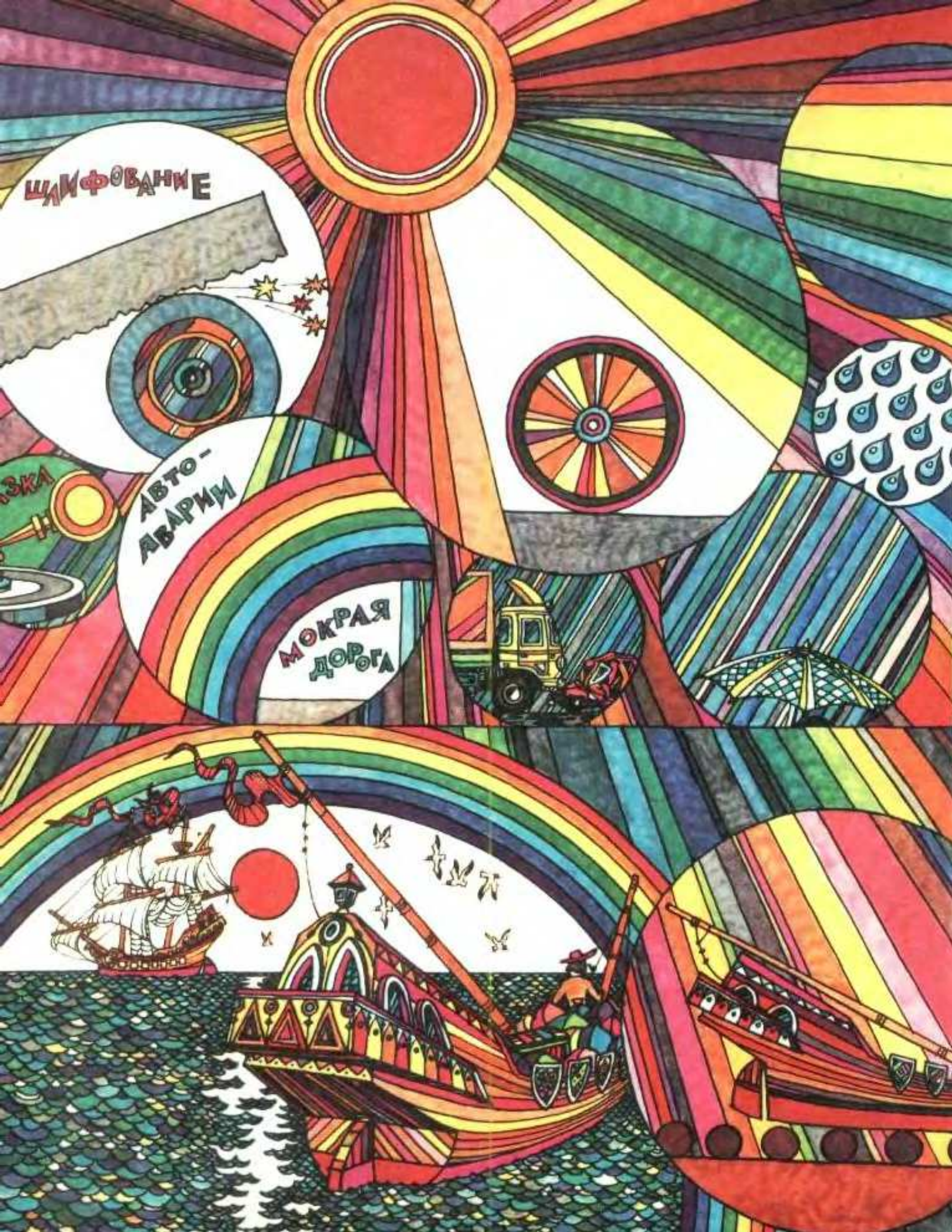
Вредные свойства трения и как с ними можно бороться

Почему изнашивается обувь? Почему стираются шины автомобилей? Почему выходят из строя трущиеся детали станков, механизмов и машин? Ответ на эти вопросы один — виновато трение.

Потри ладони рук одну о другую. Ты почувствуешь, как они нагреваются. Значит, трение вызывает тепло, трущиеся поверхности нагреваются. А это тоже не всегда полезно.

Оси колёс железнодорожных вагонов вращаются в подшипниках, расположенных в металлических коробках под вагонами — буксах. Ты, наверное, видел, как на остановках осмотрщик вагонов пробует буксы рукой — не перегрелись ли? Если нужно, подливает масло. Бывает и так, что во время движения буксы нагреваются и загораются, а это может привести к аварии, крушению поезда.





ШИФРОВАНИЕ

АВТО-
АВАРИИ

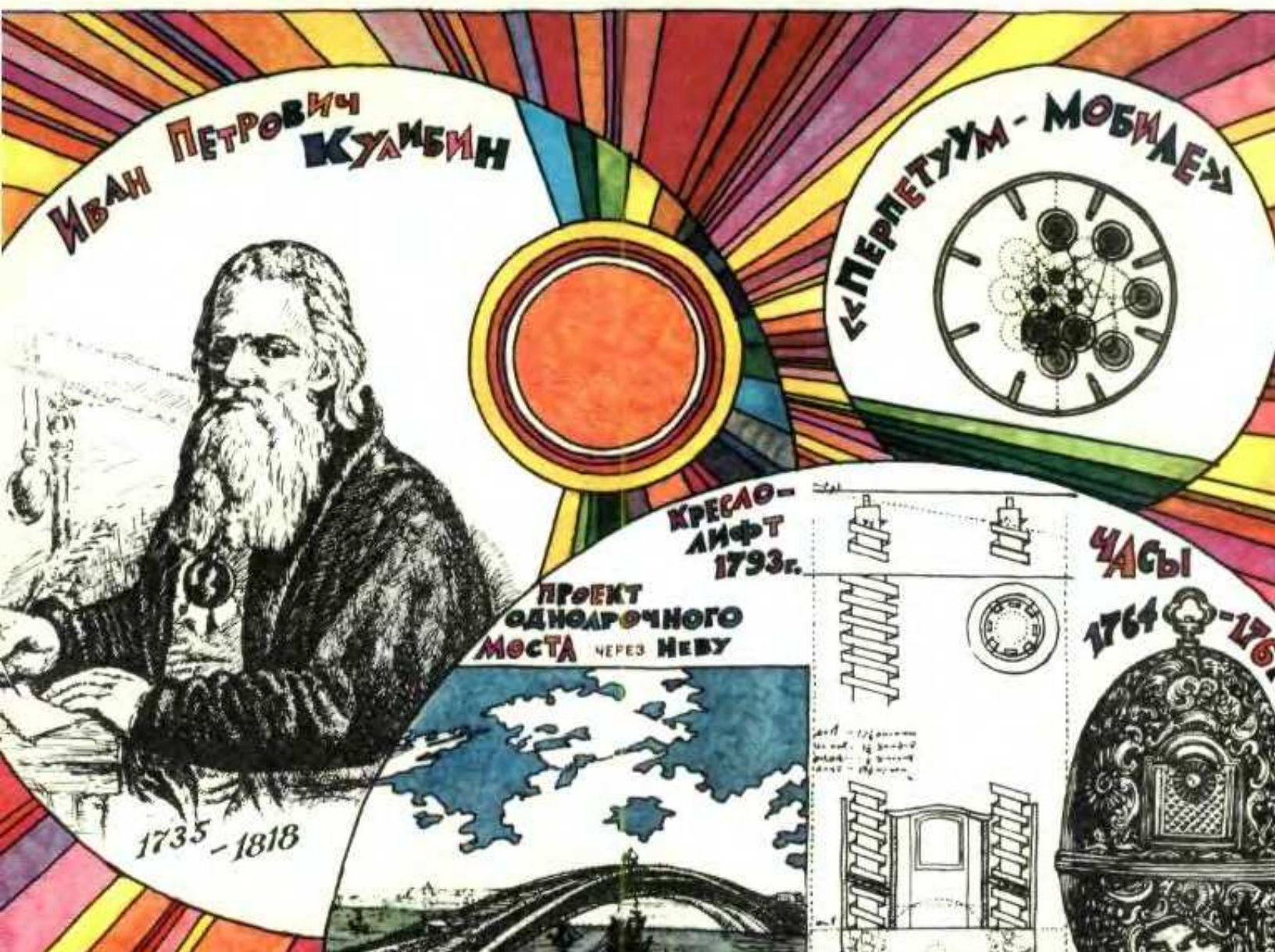
МОКРАЯ
ДОРОГА

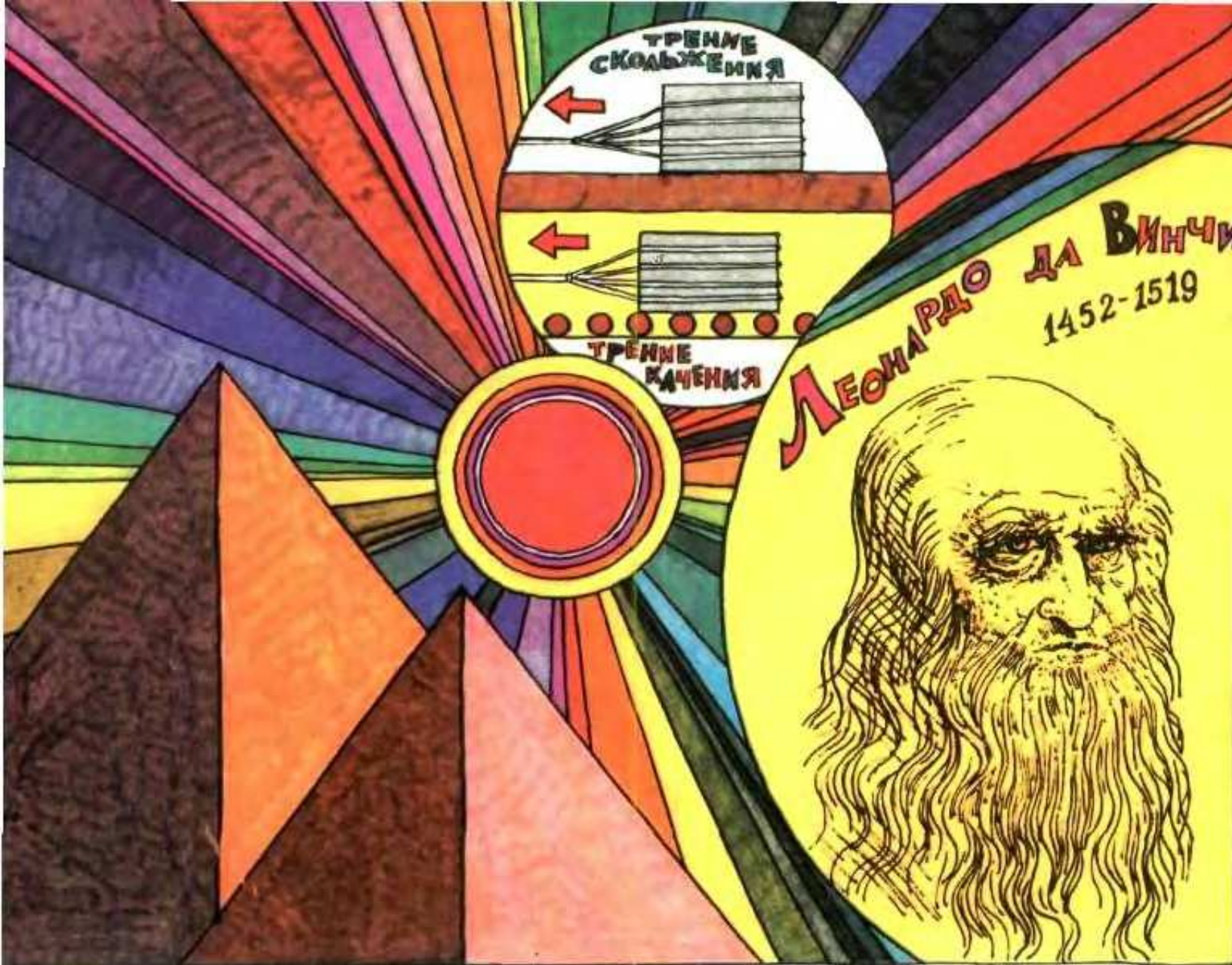
Как можно уменьшить трение?

Один способ ты уже знаешь. Сделать трущиеся поверхности более гладкими, ровными. Другой — применить смазку.

Ещё наши предки заметили, что тащить лодку по воде гораздо легче, чем посуху. Так родилась идея использовать для снижения трения различные жидкости. В дошедших до нас из глубины веков опорах колодезных ворот и дверей храмов найдены следы оливкового масла. Значит, смазка применяется не одну тысячу лет. Она уменьшает трение сухих поверхностей примерно в сто раз.

Вот почему одна треть автомобильных аварий происходит в плохую погоду, когда резко ухудшается сцепление колёс автомобиля с дорогой, «смазанной» дождём или снегом.





Учёные и инженеры, ведущие борьбу с трением, разрабатывают различные рецепты смазок, причём не только жидких, но и твёрдых.

Одна из таких смазок — графит. Да, да! Тот самый графит, который есть в твоих карандашах. В качестве твёрдых смазок используют также серебро, молибденит и тефлон. Если серебро и молибденит — природные вещества, то тефлон — творчество химиков двадцатого века.

Графит в качестве смазки одним из первых применил наш соотечественник, известный изобретатель-самоучка Иван Петрович Кулибин. Он создал много замечательных вещей. Проект одноарочного моста через реку Неву. Часы, не только показывающие время, но и разыгрывающие под му-



зыку целое представление (они хранятся в ленинградском Эрмитаже). Судно, которое могло идти против течения. И многое другое. Для престарелой императрицы Екатерины II, когда ей стало тяжело подниматься по лестницам Зимнего дворца, он сконструировал кресло-лифт. В качестве смазки винтов-направляющих, по которым лифт двигался вверх-вниз, Кулибин применил графит.

Трение можно уменьшить, заменив трение скольжения трением качения.

Это также было известно нашим далёким предкам. Например, древние египтяне при постройке пирамид, чтобы легче было перемещать каменные глыбы, подкладывали под них брёвна — катки.

Самому древнему колесу, найденному при раскопках одного из шумерских городов,—4,5 тысячи лет.

Так как трение качения всегда намного меньше, чем трение скольжения, то обычно второе стремятся заменить первым. Для этого используют колёса и всевозможные подшипники. Шариковые подшипники тебе хорошо известны. Их много в твоём велосипеде. Если внутри подшипника находятся не шарики, а цилиндрики, он называется роликовым. Подшипник с очень тонкими цилиндриками называется игольчатым.

Первые рисунки шариковых и роликовых подшипников можно найти у великого итальянского художника и инженера Леонардо да Винчи. Подшипники имеются в автомобиле и самолёте, корабле и ракете, станке и стиральной машине.

Ходьба — это тоже своеобразное качение. Представь себе колесо со спицами. Если с такого колеса снять обод, оно всё равно будет катиться — на спицах. Только такое движение не будет плавным. Оно будет происходить рывками — «падениями» со спицы на спицу. Ноги человека — это как бы расположенные рядом спицы колеса без обода. Попеременно



выбрасывая ноги вперёд, мы «катимся» по земле. Это гораздо легче, чем, не поднимая ног, шаркать ими по дороге. Поняв, что хождение сродни качению, конструкторы спортивной обуви стали делать каблуки у некоторых моделей обуви закруглёнными.

Итак, трение можно уменьшить, шлифуя поверхности, смазывая их или заменяя скольжение качением.

Трение можно практически свести к нулю, нагнетая воздух между соприкасающимися поверхностями (вспомни судно на воздушной подушке) или подвесив движущийся предмет на магнитах (например, вагон над рельсами).

А что было бы, если бы трение исчезло вовсе, если его никогда бы и не было? Попробуем представить себе

Жизнь без трения

Не будь трения, мы не могли бы ходить по земле. Чтобы идти, надо от чего-то отталкиваться. Трение позволяет это делать.

Отсутствуя трение, мы не могли бы не только ходить, но и бегать, ползать. Не могли бы ездить на автомобиле, мотоцикле, велосипеде (колёса вертелись бы на месте). Нам не-



ОГОНЬ -
ТРЕНИЕМ

РЕЗЕЦ

**СОПРОТИВ-
ЛЕНИЕ
ВОЗДУХА**

ЩЕЛКИ
ШИПЫ

ШИНЫ

чего было бы носить — нитки в ткани держатся силами трения. Не будь трения, вся мебель в комнате сбилась бы в один угол, тарелки и стаканы не удержались бы на столе, гвозди и шурупы выскакивали бы из стен, ни одну вещь нельзя было бы взять в руки.

Даже наша планета имела бы совсем иной, непривычный вид. Известный швейцарский физик Шарль Гийом (лауреат Нобелевской премии) писал: «Вообразим себе, что трение может быть устранено совершенно. Тогда никакие тела, будь они величиною с каменную глыбу или малы, как песчинка, никогда не удержатся одно на другом; всё будет скользить и катиться, пока не окажется на одном уровне. Не будь трения, Земля представляла бы шар без неровностей, подобно «жидкому». К этому можно добавить, что, не будь трения, ещё неизвестно, как бы пошло развитие цивилизации на нашей планете. Ведь ты, конечно, знаешь, что первобытные люди добывали огонь трением.

Наконец, не будь трения, эта книжка не была бы написана — ручка выскальзывала бы из пальцев, а ты бы её не прочитал, так как не смог бы перевернуть страницу, на которой напечатаны эти слова.

Таким образом, ты видишь, что трение не только вредно но и полезно. Без него была бы просто невозможна жизнь на Земле.

И так всегда. Любое явление содержит в себе и положительные и отрицательные качества, в одно и то же время оно и благо, и зло, полезно и вредно. Скажем, не будь воздуха, самолёт не мог бы летать — ему не на что было бы опереться своими крыльями. С другой стороны, сопротивление воздуха тормозит движение, снижает скорость полёта.

Таким образом, трение одновременно и полезно и вредно. Поэтому следующая глава называется

Полезные свойства вредного явления

Задача учёных-трибологов уменьшить трение в машинах, где оно вредно, и увеличить его там, где оно необходимо. Например, придумать такой рисунок протектора шины, чтобы она хорошо «держала» дорогу, и такую

подошву для обуви, чтобы ноги в ней не скользили даже на льду.

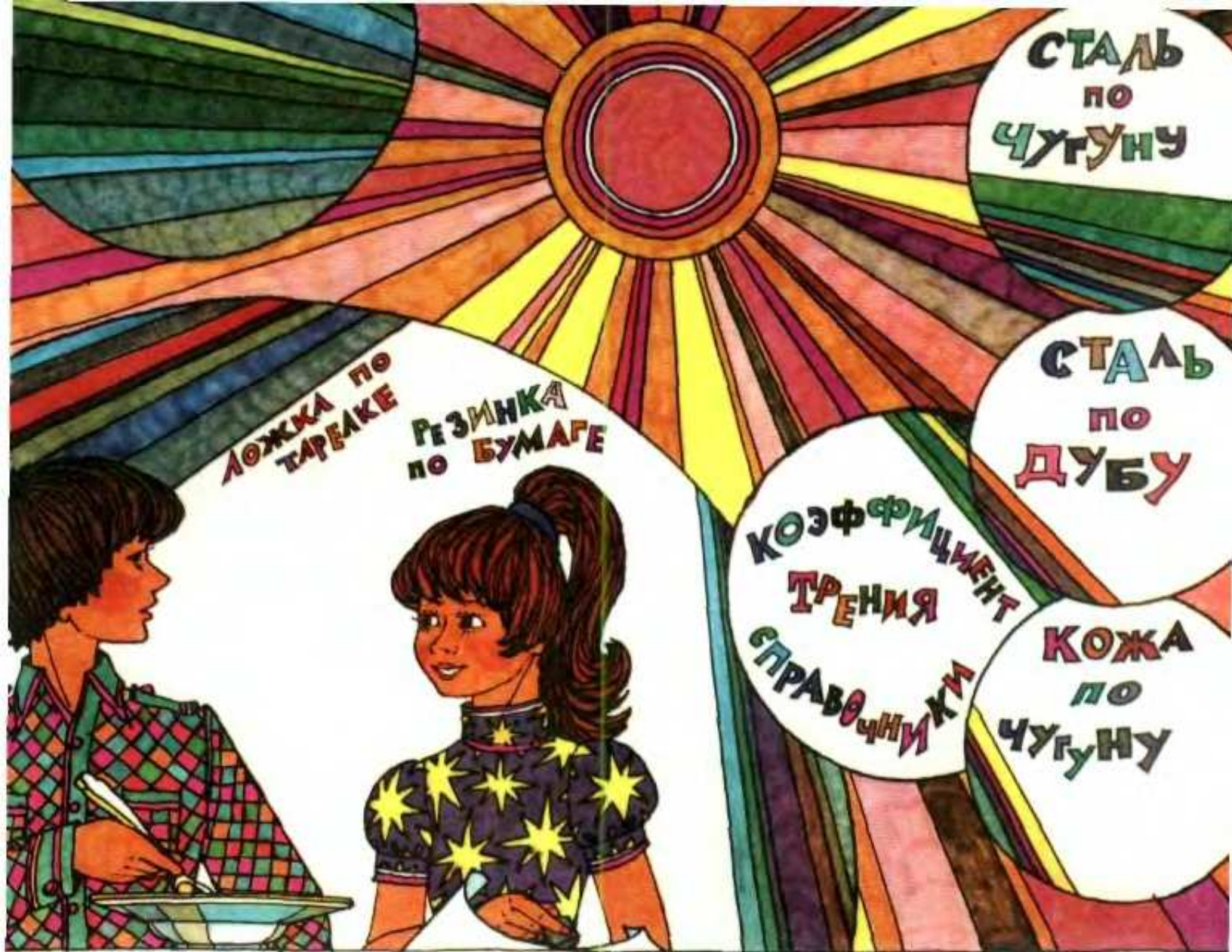
Чтобы зимой повысить сцепление колёс автомобиля с дорогой, её посыпают песком, а колёса обувают в шины с металлическими шипами. Иногда для повышения проходимости автомобиля по грязи или снегу на его «ноги» (колёса) надевают цепи.

Если тепловоз или электровоз не может сдвинуть тяжёлый состав с места — локомотив буксует (колёса вращаются на месте), то машинист подсыпает под колёса на рельсы песок. Трение между колёсами и рельсами увеличивается, тепловоз начинает движение.

Во всех этих случаях используется свойство трения увеличивать сцепление между колёсами и дорогой.

Ты знаешь, что при трении выделяется тепло. Нагревание поверхностей при трении используется для сварки металлических деталей. Например, так валы машин свариваются встык. Одна половина вала закрепляется неподвижно, а вторая, прижатая к первой торцом, приводится в быстрое вращение. От трения соприкасающиеся концы сильно разогреваются, до красноты, и размягчаются. Когда

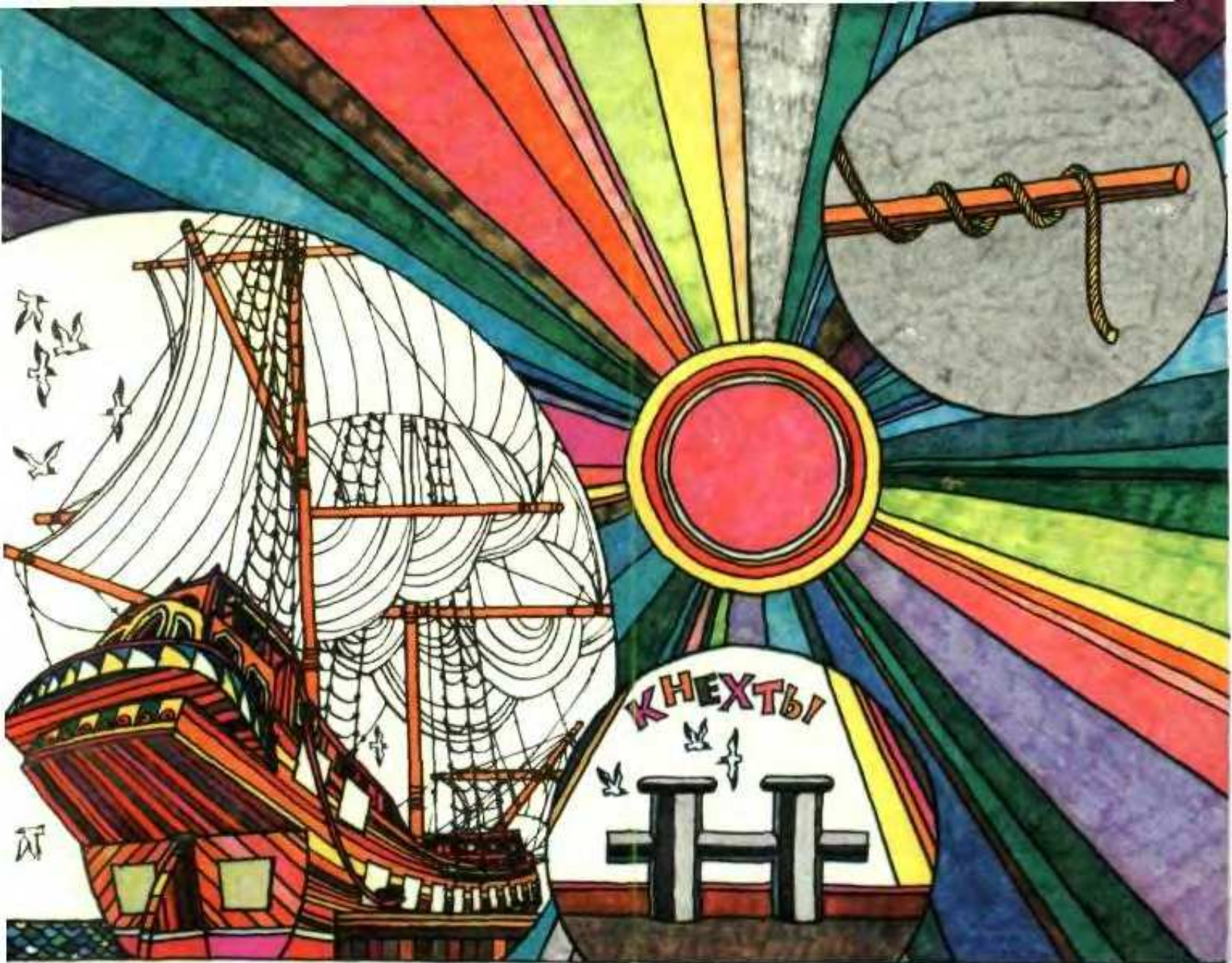




вращение прекращается, части вала, остывая, накрепко привариваются одна к другой.

Сила сцепления трущихся поверхностей неодинакова. Попробуй провести ластиком (резинкой) по листу бумаги. Ты ощутишь заметное сопротивление движению руки. Теперь сделай то же самое, но — ложкой по тарелке. Ты почувствуешь, что трение в этом случае заметно меньше. Ведь трение зависит от того, из какого материала сделаны трущиеся поверхности.

Трение двух поверхностей характеризуется некоторым числом, которое называется коэффициентом трения. Например, для стали по чугуну он равен 0,18, для стали по дубу — 0,5, для кожи по чугуну — 0,6. Коэффициенты трения (различные для разных пар поверхностей) определяются опытным



путём и заносятся в справочники, откуда инженеры берут их для своих расчётов.

А теперь сделай такой опыт. Перекинь через палку верёвку и потяни её за любой конец. Верёвка легко скользит по палке. Теперь оберни верёвку несколько раз вокруг палки и снова потяни за конец. Ты почувствуешь, что верёвку стало тянуть во много раз труднее. Если верёвку многократно обвить вокруг палки, то сдвинуть верёвку с места не удастся, как сильно бы ты ни тянул. Сила трения теперь значительно увеличилась. Это ещё одно свойство трения, которое используется на практике.

Видел ли ты, как сдерживают ход корабля, подошедшего к пристани? С парохода на причал бросают канат, на конце которого сделана большая петля. Человек, стоящий на



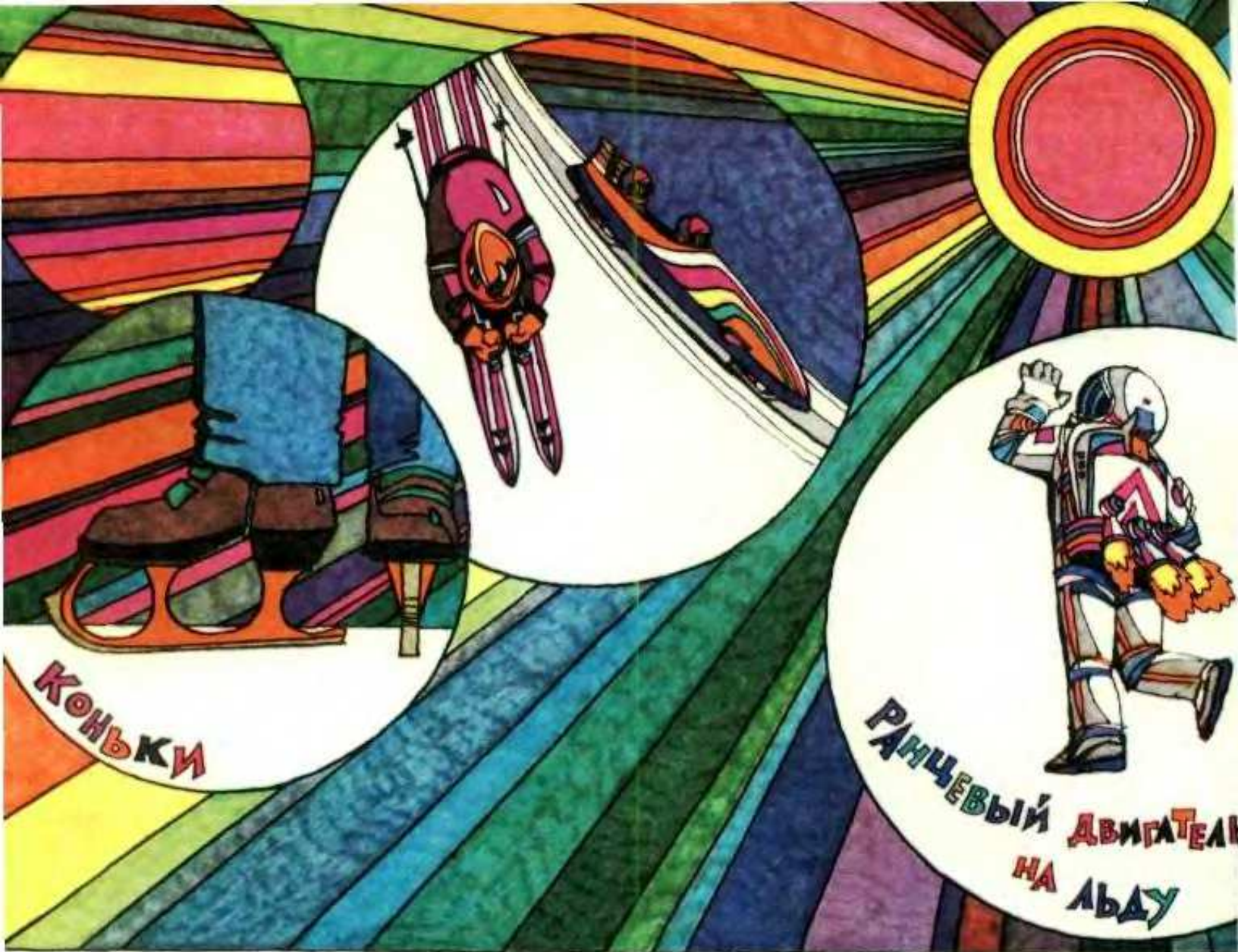
18 ВЕК
ЛЕОНАРД ЭЙЛЕР

ЦЕРЕВЯННЫЕ
ТУМБЫ-
ОГНИВА

СИЛА ТРЕНИЯ
ТЕМ БОЛЬШЕ, ЧЕМ БОЛЬШЕ
ОБОРОТОВ ДЕЛАЕТ
ВЕРЁВКА ВОКРУГ
ОПОРЫ.

пристани, надевает петлю на причальную тумбу, а матрос на корабле быстро укладывает канат между кнехтами (так называются небольшие тумбы, укрепленные на палубе судна). Между канатом и кнехтами развиваются силы трения, и они останавливают ход корабля.

Величину силы трения можно вычислить по формуле, выведенной в XVIII веке петербургским академиком Леонардом Эйлером. Она гласит, что эта сила тем больше, чем больше оборотов делает верёвка вокруг опоры. Так, если корабль тянет канат с силой в десять тонн, а канат три раза обернут вокруг тумбы, то матросу достаточно удерживать конец каната с силой всего в 15 килограммов, а остальные 9985 килограммов гасятся трением. При этом, конечно, выделяется много тепла. Раньше, когда причальные тумбы дела-



лись из дерева, они, нагреваясь, иногда даже загорались. По этой причине их называли огнивами. Чтобы во время швартовки огнива не загорались, их поливали водой.

Ты по крайней мере раз в день пользуешься формулой Эйлера. Это происходит тогда, когда ты завязываешь шнурки на ботинках. Ведь что такое узел, как не верёвка, обвитая вокруг той же верёвки? И крепость узла тем больше, чем больше изгибов делает шнурок в узле.

Теперь, после того как ты познакомился с полезными и вредными свойствами трения, тебе нетрудно будет понять,

Почему лёд скользкий

Раньше лёгкость скольжения коньков по льду объясняли так. Конёк острый, он очень сильно давит на лёд. От высо-

РЕННИЕ-ТЕПЛО
ДА-СМАЗКА



ГЛАДКИЙ
ЛЕД-
СКОЛЬЗКИЙ



ТРЕНИРОВКА
КОСМОНАВТОВ
В
СПЕЦИАЛЬНОМ
БАССЕЙНЕ

кого давления лёд плавится. Образуется тонкий слой воды, который играет роль смазки. А жидкое трение, как ты уже знаешь, во много раз меньше сухого.

Но почему же и без коньков на льду так скользко? Вот ещё одно объяснение этого явления.

Любое движение связано с трением, при котором обязательно выделяется тепло. Оно плавит лёд. Образуется тонкий слой воды, который... Ну а дальше ты уже сам всё объяснишь.

Конечно, обе эти причины объясняют скользкость льда. Но не надо забывать и ещё об одной. Ведь лёд — замороженная вода, и его поверхность, как правило, очень ровная. Значит, силы трения на льду совсем слабые. И поэтому гладкий лёд — скользкий.

Скользкость льда неприятна пешеходам и автомобилистам. А вот конькобежцы, саночники и буеристы радуются ей. Лёд может служить также полигоном для некоторых тренировок космонавтов.

Создать невесомость на Земле трудно. Для этого используют самолёты, в которых её удаётся получать на короткое



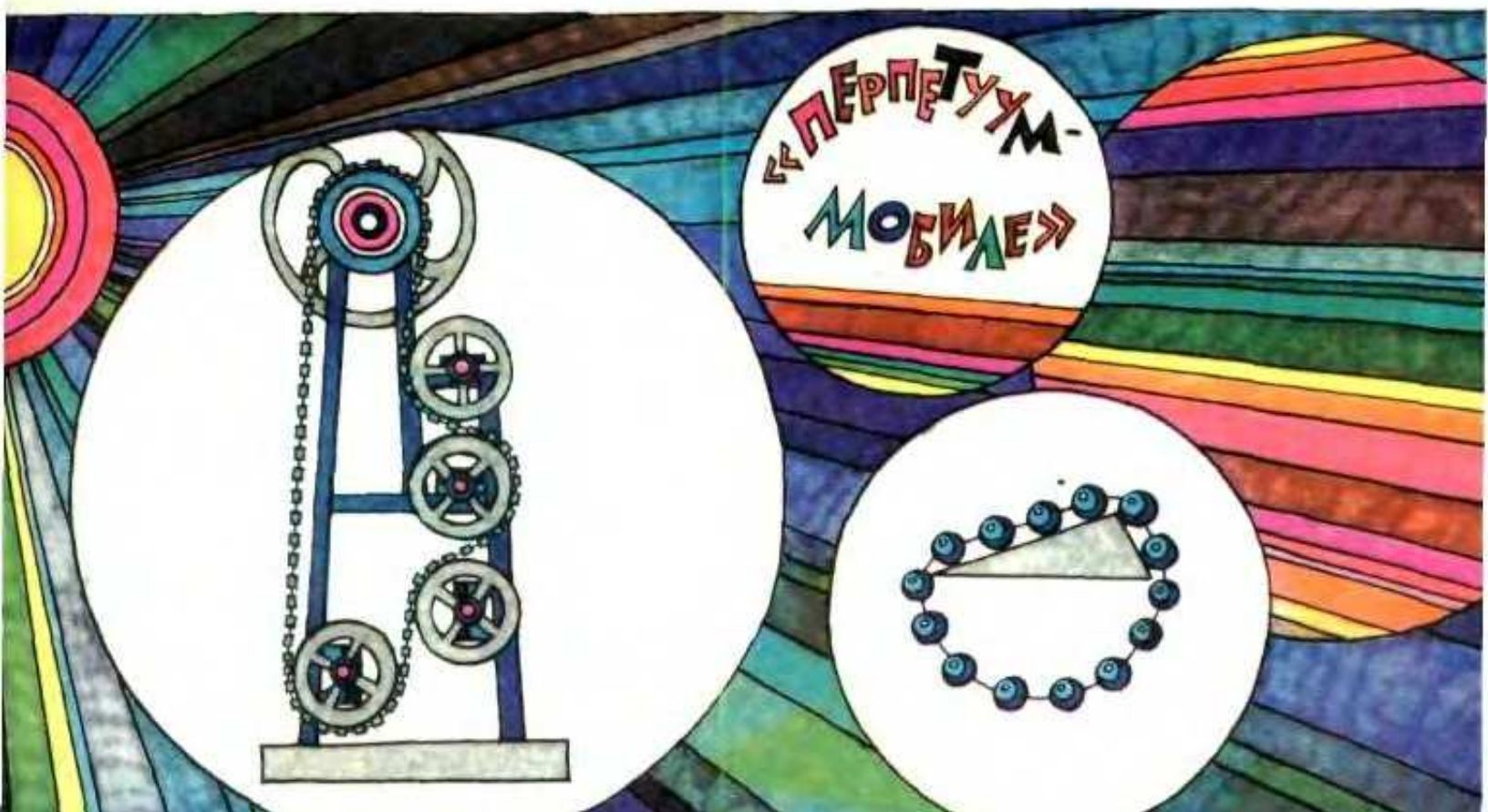
время, и бассейны, плавание в которых несколько напоминает «плавание» в космическом корабле.

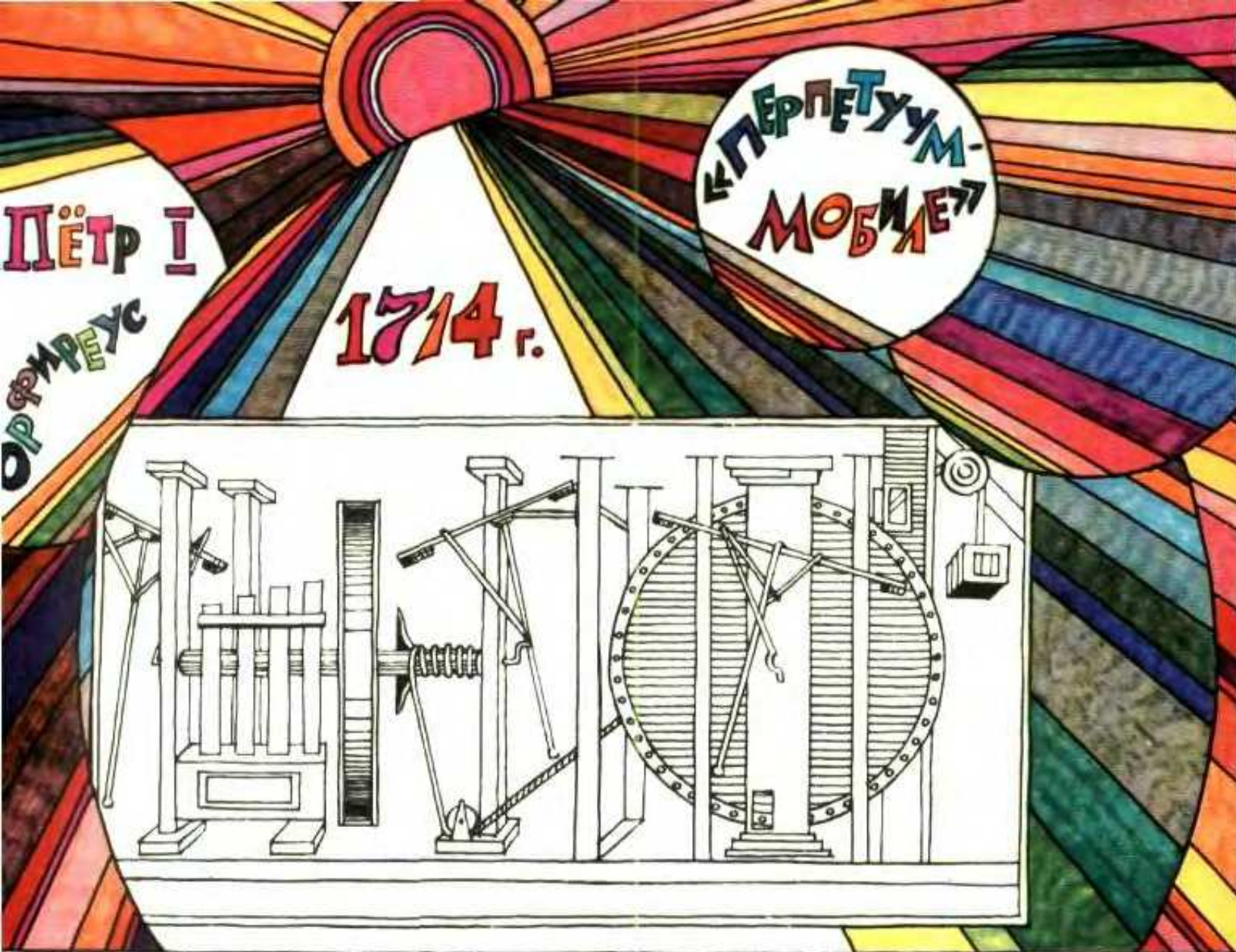
Чтобы перемещаться в космосе, необходим небольшой реактивный двигатель. Обычно он помещается в ранце, который крепится за спиной у космонавта и поэтому называется ранцевым. Так вот, учиться маневрировать в горизонтальной плоскости при помощи ранцевого двигателя можно на льду. Трение совсем небольшое, и космонавт, включив двигатель, не испытывает в горизонтальной плоскости практически никакого сопротивления — он движется как бы в невесомости.

И в заключение нашего повествования о трении — большое путешествие в глубь веков. Это рассказ о том,

Как люди пытались создать вечный двигатель

Представь себе, что ты очень сильно раскрутил велосипедное колесо. Покрутившись какое-то время, оно, естественно, остановится. Любое колесо, установленное даже на лучших подшипниках и в безвоздушной камере, поворачавшись неделю, две, три, когда-нибудь да остановится.





И ты понимаешь почему. Его остановит трение! Любой запас энергии трение переводит в тепло, то есть просто рассеивает его в пространстве. Следовательно, вечное движение невозможно!

А вот горе-изобретатели пытались создать вечный двигатель, или, как его тогда называли по-латыни, «перпетуум-мобиле». Они хотели, чтобы их конструкции не только вращались бесконечно, но и производили ещё какую-либо работу.

На рисунках показаны некоторые «вечные двигатели». Двести-триста лет назад изобретением их занимались многие далеко не глупые люди.

Одну подобную конструкцию даже хотел приобрести русский царь Пётр I. Некто Орфиреус создал механизм,



который не только вращался «бесконечно», но и мог поднимать груз весом двадцать-тридцать килограммов на значительную высоту. При испытании «вечный двигатель» был помещён в особую комнату, которую заперли, опечатали, и рядом поставили часового. Когда через два месяца вошли в неё, колесо по-прежнему вращалось.

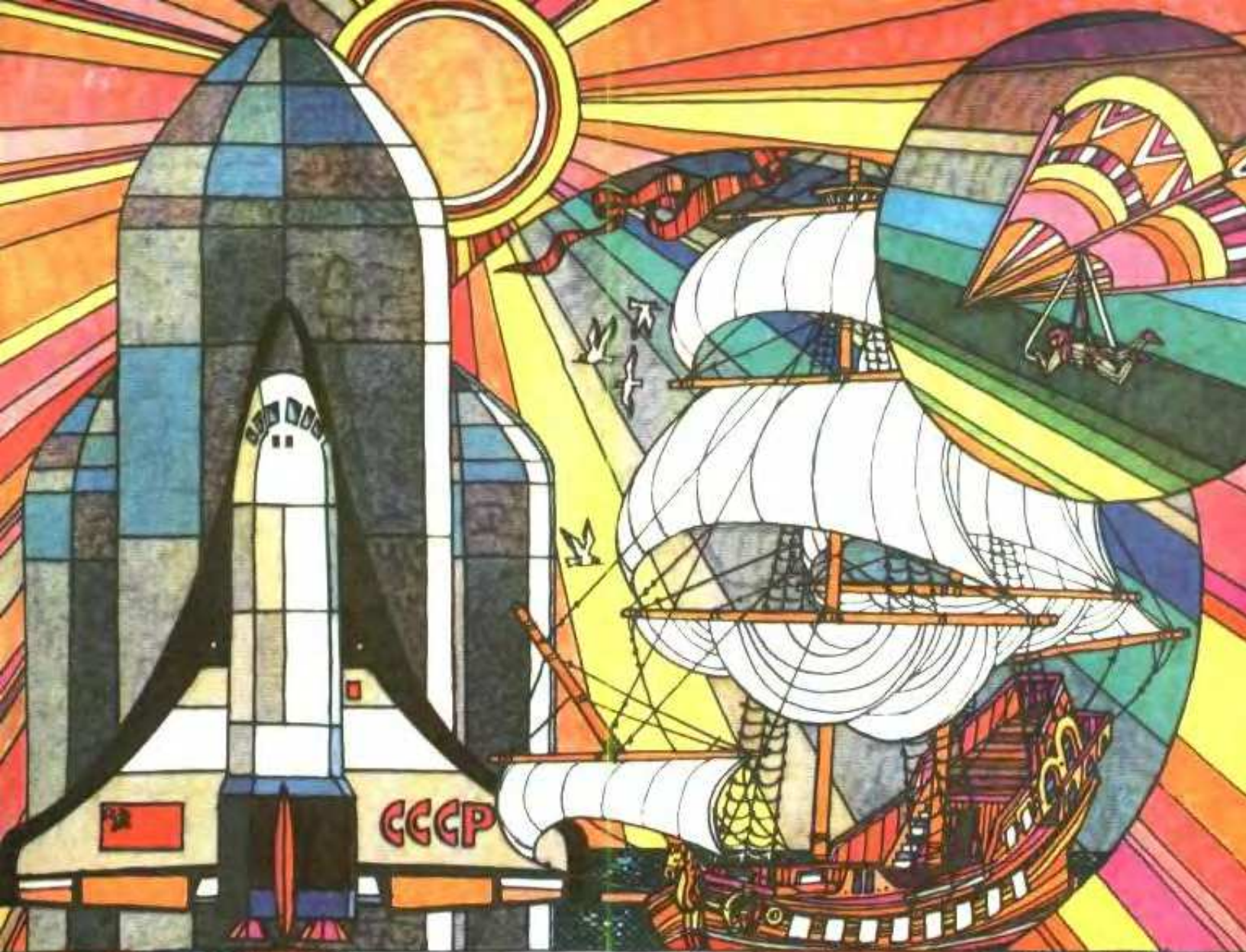
Орфиреус попросил за своё детище значительную сумму. Естественное желание подробнее ознакомиться с «вечным двигателем» он отверг, ссылаясь на необходимость сохранения тайны изобретения. А на самом деле Орфиреус опасался разоблачения обмана. Вскоре он уничтожил свой «перепетуум-мобиле».

В 1773 году Петербургская академия наук высказала мнение о невозможности осуществления вечного движения.



Два года спустя Парижская академия наук приняла постановление не принимать и не рассматривать проекты вечных двигателей, так как создать их невозможно. Но даже и в наше время встречаются люди, которые занимаются этим бесперспективным делом.

Итак, ты познакомился с некоторыми свойствами трения. Конечно, это физическое явление много сложнее того, о чём здесь было рассказано. В науке о трении есть и формулы, и числа, и графики. Но для первого знакомства достаточно. Теперь ты знаешь, что трение встречается всегда и всюду, практически на каждом шагу. Без трения нельзя сделать и шага!



«ПЕРПЕТУУМ - МОБИЛЕ»

