

УДК 530.1  
ББК 22.31  
Н16

**Нагасава М.**

Н16 Физика вокруг нас / пер. с яп. К. В. Павловской. – М.: ДМК Пресс, 2020. – 132 с.: ил.

**ISBN 978-5-97060-818-0**

Книга раскрывает физическую природу явлений, которые мы наблюдаем регулярно или с которыми сталкиваемся время от времени. Автор максимально масштабно подходит к освещению физических законов, действующих в природе и мире научных достижений. Домашняя техника и предметы обихода, спорт и транспорт, свет и звук – на каждую из этих областей в книге отведен свой раздел. Спектр тем широк и разнообразен – начиная с того, почему скользит по столу тарелка супа, и заканчивая принципами работы GPS-спутников.

Материал излагается в доступной форме, в расчете на любознательных читателей, которые не являются специалистами в физике, но интересуются научным объяснением явлений, встречающихся в повседневной жизни. Многочисленные схемы и иллюстрации облегчают понимание.

Для широкой читательской аудитории.

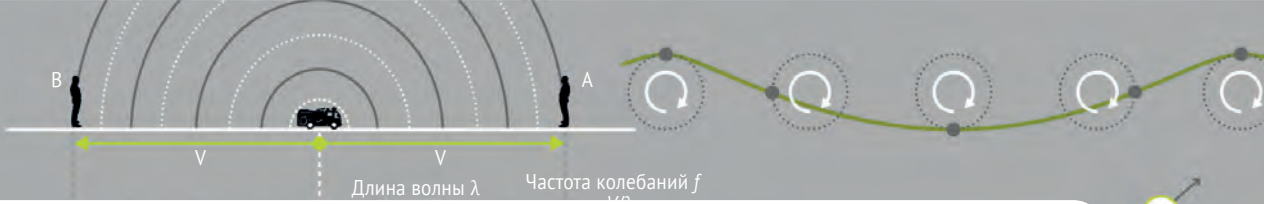
УДК 530.1  
ББК 22.31

Russian translation rights arranged with NIHONBUNGEISHA Co., Ltd. through Japan UNI Agency, Inc., Tokyo

Все права защищены. Любая часть этой книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами без письменного разрешения владельцев авторских прав.

ISBN 978-4-537-21391-1 (яп.)  
ISBN 978-5-97060-818-0 (рус.)

Copyright © NIHONBUNGEISHA, 2016  
© Оформление, издание, перевод,  
ДМК Пресс, 2020



# Содержание

Предисловие ..... 8

## Глава 1. Жизнь и физика

Почему вода в стакане поднимается по стенкам? ..... 12

Почему миска мисо-супа скользит по столу? ..... 14

Как устроен смыв в унитазе? ..... 16

Почему термос не выпускает тепло? ..... 20

Как устроена скороварка, в которой можно приготовить еду за короткое время? ..... 22

Как работает нагревание в индукционной плите? ..... 24

Почему холодильник охлаждает? ..... 26

Почему копировальный аппарат может делать копии? ..... 28

Как устроен аэрохоккей? ..... 30

Как работают карандаш и ластик и стираемая шариковая ручка? ..... 32

В чём секрет каменных мостов в виде арок, которые не ломаются и за тысячу лет? ..... 35

Как устроен пульт удалённого управления, которым можно переключать каналы, а как – автоматическая дверь? ..... 38

## Глава 2. Природа и физика

Почему небо бывает разных цветов? Почему днём небо голубое, а на рассвете и на закате кажется красным? ..... 42

Почему происходит северное сияние? ..... 44

Откуда появился ветер фён? ..... 46

Почему холодным утром появляются ледяные иглы? ..... 48

Почему холодным утром хорошо слышно звуки издалека? ..... 50

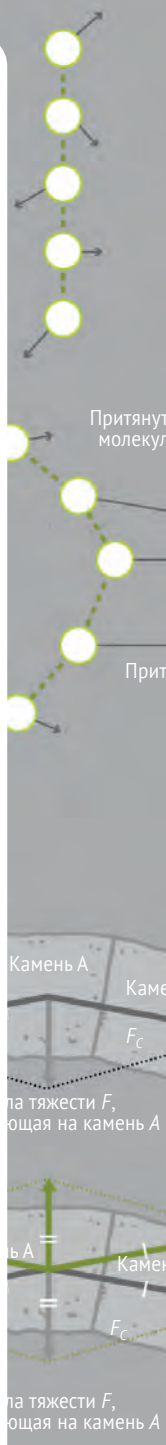
Почему при высокой температуре мы чувствуем себя плохо? ..... 52

Почему глаза кошек светятся в темноте? ..... 55

В чём секрет рыбьих глаз? ..... 58

Почему водомерки могут скользить по поверхности воды? ..... 60

Почему стебли однолетних растений имеют форму трубок? ..... 62





Узнаём тайны радуги (часть 1). Почему появляется обычная радуга?.....	64
Узнаём тайны радуги (часть 2). Что такое двойная радуга и округло-горизонтальная дуга?.....	66
Почему в середине реки такое быстрое течение? .....	68

### Глава 3. Спорт и физика

Почему лыжники, прыгая на лыжах с трамплина, не травмируются при приземлении? .....	72
Почему в фигурном катании вращение постепенно становится всё быстрее?.....	74
Почему лыжи и коньки легко скользят по снегу и льду? .....	76
Почему при беге на короткие расстояния стартуют с низкой позиции? .....	79
Как предотвратить глубинную болезнь?.....	82
Какие приёмы можно использовать, чтобы кататься по волнам, занимаясь сёрфингом?.....	84
Что будет, если бить по мячу самой серединой биты?.....	86
Зачем на поверхности мяча для гольфа нужны вмятины? .....	88
Почему крученые мячи вращаются? .....	90

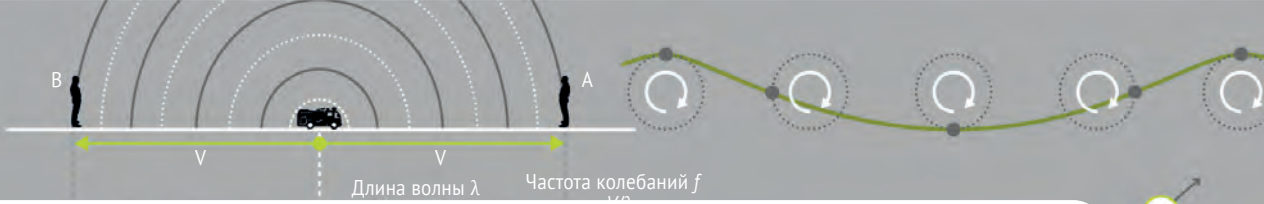
### Глава 4. Транспорт и физика

Каким образом скользят вагоны с линейными двигателями?.....	94
Как измеряется скорость и высота самолёта?.....	96
Зачем к краю основного крыла самолёта прикреплена вертикальная пластина? .....	99
Как появляется подъёмная сила у самолёта?.....	102
Что является «движущей силой» пропеллеров, дронов и ракет? .....	104
Как устроены двигатели электричек и электромобилей? .....	106
Почему люди не падают с американских горок?.....	108
Геостационарный спутник летает со скоростью 3 км/с?!.....	110

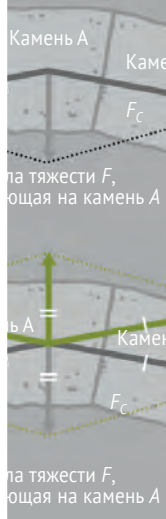
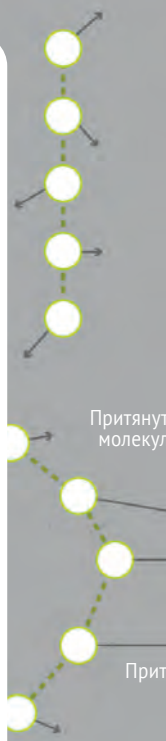
### Глава 5. Свет, звук и физика

Почему предметы, находящиеся в воде, кажутся ближе к поверхности?.....	114
--	-----





Как работает линза, увеличивающая или уменьшающая объект относительно его реального размера?.....	116
Как устроены телескоп и микроскоп? .....	119
Почему светятся светодиоды? .....	122
Что такое оптическое волокно, по которому можно передавать большие объёмы информации? .....	124
Как передаёт информацию система GPS (система глобального позиционирования)? .....	126
Почему различается высота приближающихся и отдаляющихся звуков?.....	128
Почему голос становится высоким, если вдохнуть гелия? .....	130



## Предисловие

Эта книга продолжает рассматривать темы, поднятые в вышедшей примерно 10 лет назад в издательстве Nihonbungeisha книге «Интересная и понятная физика», добавляя к ним и новые, и, таким образом, является всесторонним обновлённым трудом. Изначально я планировал написать целиком новую книгу. Я развил темы, затронутые в «Интересной и понятной физике», по возможности внёс комментарии и данные исследований, которые получил за последние 10 лет. Однако из соображений объёма пришлось исключить из этой книги несколько тем, о которых говорилось в прошлой книге, о чём я очень сожалею. Что касается новых тем, появившихся здесь, я указывал наиболее актуальные данные, консультируясь предварительно с группой редакторов-составителей.

Темы, о которых говорится в этой книге, – это те объекты и явления, что происходят или не происходят в нашей повседневной жизни. Вполне можно прожить, ничего не зная о них, но мне кажется, жить станет куда интереснее, если вы узнаете о них. Наверняка найдутся люди, которые скажут, что это не физика. Однако для удобства я не буду перегружать текст подробностями, связанными с отраслями науки, к которым эти темы относятся. Думаю, что прелесть физики во многом заключается в том, что природу различных феноменов можно понять благодаря законам малых чисел, теоремам и нескольким гипотезам. Мне особенно интересно несколько отступить от того, что я уже делал до этого, и подойти к физическим темам максимально масштабно.

Предполагаемые читатели данной книги – люди, интересующиеся явлениями, с которыми мы сталкиваемся в повседневной жизни, но которые по тем или иным причинам не обращаются к серьёзной специализированной литературе. Для облегчения восприятия я минимизировал количество формул здесь и постарался объяснять всё как можно более простыми словами. В книге приведено также множество подробных иллюстраций. Если вы заинтересуетесь чем-то, описанным в этой книге, и за-

хотите узнать об этом более детально, или останутся вопросы, советую обратиться к специализированной литературе.

Я очень благодарен господину Сака Масаси из редакторско-составительского отдела издательства Nihonbungeisha, предложившему мне написать эту книгу и оказавшему огромную помощь в работе, а также господину Йонэда Масаси из фирмы «Эдитэ-100», который помогал мне с редактурой и составлением прошлой книги и продолжил делать это и сейчас. Моя большая благодарность людям, создавшим иллюстрации к данной книге и её дизайн.

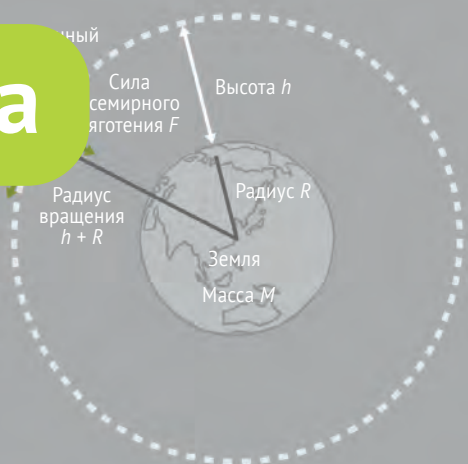
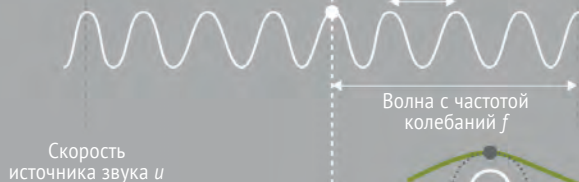
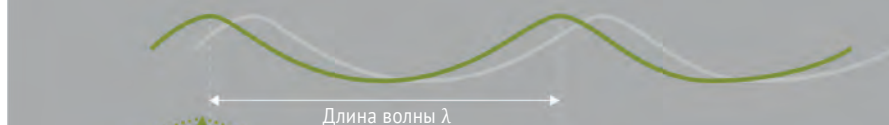
И наконец, моя жена Токико каждый раз, когда я писал очередную часть черновика этой книги, просматривала его и давала ценные комментарии. Я прислушивался к её комментариям и переписывал те моменты, на которые она указывала, поэтому думаю, что содержимое книги будет лёгким для чтения и восприятия. Я очень благодарен ей за то время, что она выкраивала между домашними делами и воспитанием детей, чтобы помочь мне с моей книгой.

*Мицухару Нагасава*

Май 2016 года

# Глава 1

# Жизнь и физика



## Почему вода в стакане поднимается по стенкам?

### Поверхностное натяжение воды и межфазное натяжение

Если налить воды в стеклянный стакан и посмотреть на него сбоку, то можно увидеть, что около стенок стакана уровень воды немного поднимается.

С этим феноменом тесно связаны такие понятия, как **поверхностное натяжение** и **межфазное натяжение**.

Все вещи вокруг нас состоят из молекул. Энергия одной молекулы выше, чем у сцепленной с другими молекулами.

В жидкости молекулы свободно сцепляются с окружающими их со всех сторон другими молекулами, поэтому их энергия понижается. Однако молекулы на поверхности, в отличие от тех, что находятся глубоко в жидкости, не могут сцепиться с молекулами над ними, поскольку там отсутствуют молекулы жидкости, и потому они обладают большей энергией. Другими словами, на поверхности жидкости (там, где меняется среда), образуется большое количество энергии. Для стабилизации этой энергии происходит **поверхностное натяжение жидкости**  $\gamma_{LV}$ , которое стремится уменьшить размер поверхности.

Когда из водопроводного крана капает вода, капли имеют округлую форму, потому что вода принимает форму сферы, что при том же объёме даёт наименьшую площадь поверхности.

В твёрдых телах молекулы не могут двигаться свободно. Вместо этого они прикрепляются к поверхности соседних молекул, и их энергия снижается. Молекулы притягиваются, чтобы уменьшить поверхность самого тела, и это явление называется **поверхностным натяжением твёрдых тел**  $\gamma_{SV}$ .

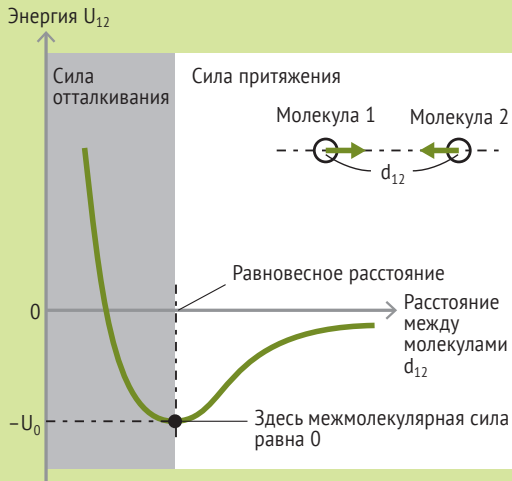
Если жидкость и твёрдое тело соприкасаются поверхностями, их молекулы притягиваются друг к другу, но поскольку они представляют различные среды, то на границе, где они не могут объединиться, энергия повышается, и начинает работать та сила, которая сокращает площадь поверхности. Это **межфазное натяжение**  $\gamma_{SL}$ , т. е. натяжение, которое возникает при соприкосновении двух сред.

В случае со стаканом, который мы упоминали в самом начале, сила натяжения поверхности стекла сильнее, чем сила межфазного натяжения между водой и стеклом, и поэтому вода поднимается по стенкам стакана.

Кроме того, из-за вязкости вода притягивает те молекулы воды, которые находятся рядом, и площадь её поверхности увеличивается.



## 1 Отношения между энергией молекул и расстоянием между ними



Если молекулы не слишком близко, то энергия отрицательная. В состоянии баланса энергии меньше всего

Из-за силы межфазного натяжения вода может подниматься до некоторой степени, таким образом сохраняя баланс.

Что же случится, если сделать стакан из водоотталкивающего материала, например тефлона?

В случае с тефлоновым стаканом всё будет наоборот: сила натяжения поверхности будет слабее, а сила межфазного натяжения между водой и тефлоном сильнее (из-за низкого сродства). Поэтому для сохранения баланса вода будет, наоборот, опускаться по стенкам.

## 2 Сила натяжения поверхности жидкости ( $\gamma_{LV}$ ), сила натяжения поверхности твёрдого тела ( $\gamma_{SV}$ )

(а) В стеклянном стакане вода поднимается по стенкам



Сила натяжения поверхности стекла  $\gamma_{SV}$  больше силы межфазного натяжения  $\gamma_{SL}$ . В результате вода поднимается по стенкам стакана

(б) Что происходит с водой у стенок тефлонового стакана



У тефлона сила натяжения поверхности  $\gamma_{SV}$  больше силы межфазного натяжения  $\gamma_{SL}$ . В результате вода опускается у стенок

Сила поверхностного натяжения жидкости ( $\gamma_{LV}$ ), сила поверхностного натяжения твёрдого тела ( $\gamma_{SV}$ ), сила межфазного натяжения ( $\gamma_{SL}$ ) находятся в равновесии: (а) в случае стеклянного стакана; (б) в случае тефлонового стакана. Если угол  $\theta$  острый (пример: угол между водой и стеклом примерно  $8^\circ$ ), то говорят, что вода смачивает стакан, а когда тупой (пример: угол между водой и тефлоном примерно  $100^\circ$ ), то говорят, что вода не смачивает стакан

# Почему миска мисо-супа скользит по столу?

## Трение и законы Бойля–Мариотта и Шарля

Если поставить миску горячего мисо-супа на влажный стол или поднос, в какой-то момент миска начнёт слегка скользить. Это явление связано с трением, а также с законами Бойля–Мариотта и Шарля. **Трение** – это сила сопротивления, направленная на то, чтобы остановить параллельное движение двух соприкасающихся тел.

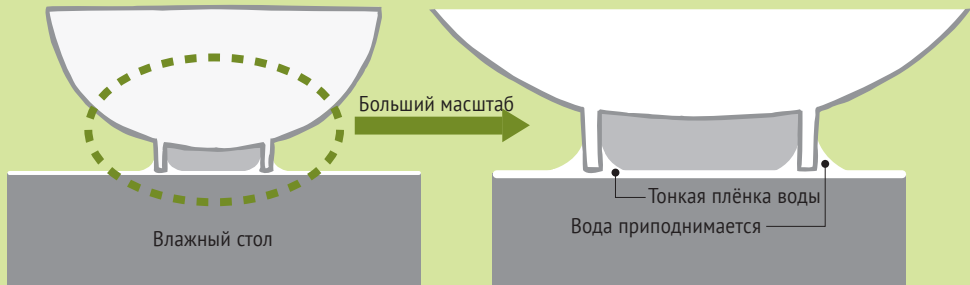
Миска для мисо-супа имеет цилиндрическую подставку. Когда мы ставим такую миску на влажный стол, то под влиянием силы поверхностного натяжения вода заполняет крошечное пространство между этой подставкой и столом. Вода служит в качестве смазочного материала, уменьшающего силу трения, и вместе с тем сцепляет между собой подставку миски и поверхность стола в том месте, где они соприкасаются.

Кроме того, если миска горячая, то воздух, оставшийся там, где соприкоснулись поверхность стола и подставка миски, нагреется и будет стремиться к расширению. Однако из-за того, что он окружен стенками из воды, он не может выйти наружу. Вес миски мисо-супа удерживает воздух внутри образовавшегося пространства. Согласно законам Бойля–Мариотта и Шарля, при постоянном объёме газа при повышении температуры повышается и давление газа. Таким образом, давление воздуха в таком замкнутом пространстве оказывается выше атмосферного давления.

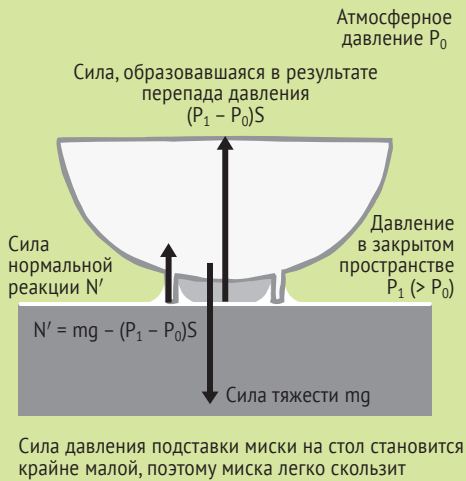
Поэтому сила, с которой соприкасаются подставка миски и поверхность стола, заметно ослабевает, и трение между столом и подставкой становится крайне малым. И если, например, стол немного наклонён, то в действие вступает сила тяжести, и миска плавно скользит вниз.

Однако если мисо-суп слишком горячий, то водяные стенки разрушаются, и воздух пузырьками выходит наружу.

### 1 Между столом и подставкой миски закрытое пространство, в котором вода



### 2 Когда в закрытом пространстве повышается давление газа



#### Закон Бойля–Мариотта и Шарля

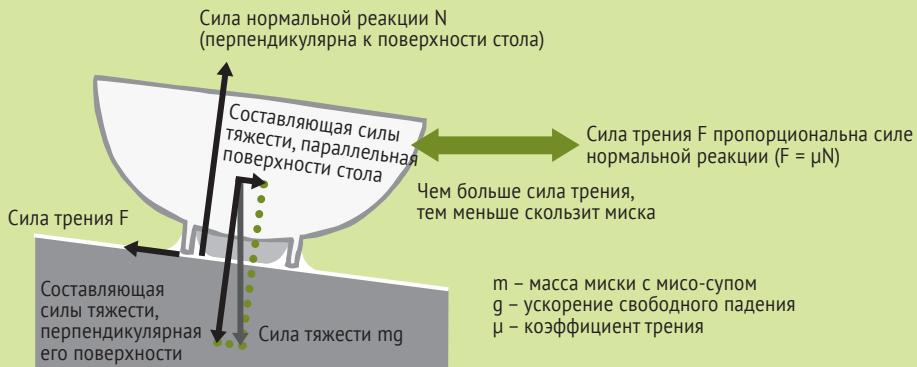
$$PV = Nk_B T$$

$P$  – давление,  $V$  – объём закрытого пространства,  $N$  – количество молекул воздуха,  $k_B$  – постоянная Больцмана, а  $T$  – абсолютная температура (в кельвинах). Соотношение абсолютной температуры и температуры в градусах Цельсия  $\theta$  (тета):

$$T = 273,15 + \theta$$

(средняя комнатная температура примерно 300 кельвин)

### 3 Подставка наклонена вправо



# Как устроен смыв в унитазе?

## Устройство сифона

История унитазов крайне древняя. Изначально люди пользовались природой, строили туалеты на реках, так, чтобы экскременты уносило течением.

Давайте теперь рассмотрим систему откачки воды, используемую в современных унитазах, – сифон.

Сифон – это шланг, используемый для забора воды из ведра. Он поднимает воду выше её поверхности, а затем переносит вниз. Как видно на [схеме 1](#), шланг наполняется водой в середине ведра и ведёт к выходу ниже уровня воды в ведре; таким образом вода из ведра вытекает наружу.

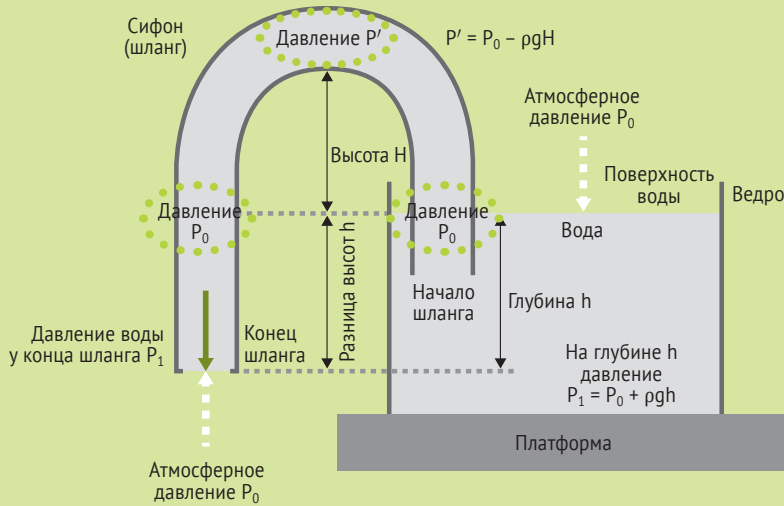
Это происходит из-за разницы между давлением воздуха (атмосферным давлением  $P_0$ ) и давлением воды у конца шланга.

Вода в середине ведра испытывает давление воды, которая находится выше неё, и поэтому её давление оказывается выше атмосферного.

То же самое происходит с водой внутри сифона. Воду в верхней части шланга тянет вниз та вода, которая находится ниже неё, и поэтому давление оказывается ниже атмосферного.

Однако вода у конца шланга испытывает давление воды сверху (в верхней части сифона), и в результате её давление  $P_1$  становится выше атмосферного. Разница между ним и атмосферным давлением  $P_1 - P_0$  пропорциональна разнице между давлением на поверхности воды в ведре и у конца шланга. Давление  $P_1$  пытается выдавить воду из шланга, а атмосферное давление, наоборот, пытается вдавить его в шланг. В итоге давление воды у конца шланга оказывается больше атмосферного, и вода выливается. Когда вода начинает выливаться, то на поверхности воды в ведре давление становится меньше, чем у конца шланга, и она постепенно выливается через начало шланга.

## 1 Сифон перед сливом воды

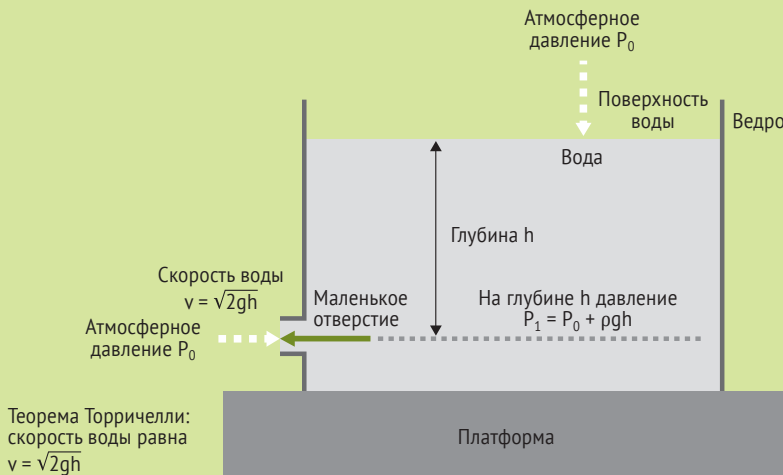


Поскольку есть разница высот между поверхностью воды в ведре и концом сифона, давление воды у конца шланга  $P_1 = P_0 + \rho gh$  (где  $\rho$  – плотность воды,  $g$  – ускорение свободного падения) будет выше атмосферного давления.

Давление воды в верхней части шланга  $P' = P_0 - \rho gN$  (где  $N$  – высота от поверхности воды в ведре до верхней части шланга) будет ниже атмосферного давления  $P_0$ .

Если поднять верхнюю часть шланга на 10 м над поверхностью воды, то при атмосферном давлении  $P_0$ , равном 1, давление  $P_1$  станет отрицательным, поэтому сифон не будет работать

## 2 Теорема Торричелли (состояние, аналогичное случаю на схеме 1)

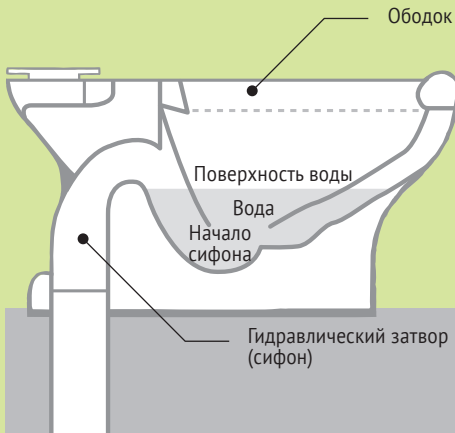


В стенке ведра есть отверстие на той же высоте, что и конец шланга, поэтому эта ситуация аналогична ситуации с сифоном

В унитазах с сифонной системой смыва роль сифона играет сливная труба. Когда вы тянете за рычаг, выливается большое количество воды, и эту воду вместе с экскрементами втягивает в сифон и сбрасывает в канализацию. После выброса в унитазе остаётся некоторое количество воды. Эта вода нужна, чтобы в комнату не проникал неприятный запах канализационных труб.



### 3 Устройство унитаза



Исходное положение



Состояние после того, как потянули за ручку и начала течь вода

Уровень временно повышается и заполняет водораспределительную трубу, которая начинает выступать в качестве сифона



В результате действия сифона произошёл слив воды

Необходимо, чтобы уровень воды в канализации был ниже уровня воды в сифоне



Уровень воды в унитазе становится ниже начала водораспределительной трубы

Возвращение к изначальному состоянию

# Почему термос не выпускает тепло?

## Как передаётся тепло в сосуде Дьюара

Термос – это сосуд, обладающий способностью сохранять температуру: если налить в него горячий напиток, то он будет долго остывать, а если холодный – то он будет дольше нагреваться.

В последнее время термосы часто используют и для подачи кофе. Термос был изобретён англичанином Дьюаром, поэтому его часто называют сосудом Дьюара.

Давайте рассмотрим устройство термоса. Как видно на [схеме 1](#), на передачу тепла влияют три фактора: теплопроводность, конвекция и излучение. Теплопроводность – передача тепла от горячего объекта к холодному при соприкосновении; конвекция – передача тепла при движении горячего объекта; излучение – передача тепла инфракрасными лучами, исходящими от нагретого объекта, которые поглощаются холодным объектом.

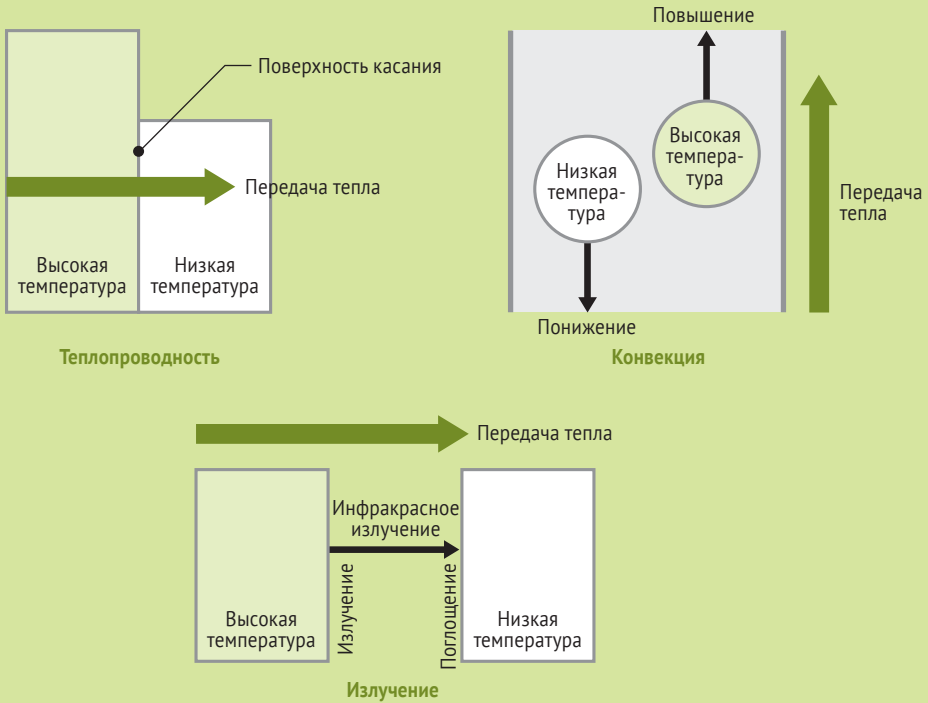
В термосе эффект от этих трёх процессов сводится к минимуму.

На [схеме 2](#) можно увидеть строение термоса: он двухслойный, внешняя и внутренняя стенки почти не касаются друг друга. Чтобы уменьшить теплопроводность, стенки делают из прочного материала с низкой теплопередачей: как правило, из стекла или нержавеющей стали. Кроме того, чтобы остановить конвекцию, вызванную движением воздуха, в пространстве между стенками термоса создаётся вакуум.

Остаётся излучение. Чтобы уменьшить передачу тепла, вызванную излучением, следует сократить инфракрасное излучение между внешней и внутренней стенками. Инфракрасное излучение является частью светового, и при соблюдении определенных условий оно будет отражаться. Чтобы стенки термоса не поглощали инфракрасное излучение, следует сделать так, чтобы они отражали его. Для этого обращённые друг к другу части внешней и внутренней стенок золотят или шлифуют, чтобы они сияли как зеркало.



## 1 Три характерных способа передачи тепла



## 2 Двухслойная структура термоса



### При использовании обратите внимание

- Термос из нержавеющей стали не разобьётся при падении, но если внутренняя и внешняя стенки прижмутся, то он станет хуже сохранять температуру.
- Если не закрыть термос крышкой, то из-за возникшей конвекции устройство перестаёт функционировать.

Лёгкие и относительно хорошо сохраняющие тепло бутылки воды имеют почти такое же устройство, как и термосы. В них, чтобы не допустить конвекции воздуха, между двумя стенками вкладывают пенополистирол, обладающий низкой теплопроводностью.

# Как устроена скороварка, в которой можно приготовить еду за короткое время?

## Использование давления

Отличительная особенность скороварки – в ней можно сварить или приготовить на пару блюда быстрее, чем в обычной кастрюле.

Прежде чем объяснять, как она устроена, давайте рассмотрим процесс кипения воды.

Когда вода нагревается и достигает определённой температуры, она начинает превращаться в газ (водяной пар) – так начинается процесс кипения. Эту температуру называют точкой кипения. Когда вода начинает кипеть, сколько бы вы её ни нагревали, ещё выше её температура не станет. Это происходит потому, что всё полученное тепло используется для испарения – процесса превращения воды в водяной пар.

Далее рассмотрим отношения давления и точки кипения воды.

Известно, что вода кипит при температуре  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ , однако это верно только на высоте 0 метров над уровнем моря при атмосферном давлении в 1 атмосферу (примерно 100 килопаскалей). В общем, чем выше над уровнем моря местность, тем ниже атмосферное давление, а значит, и тем ниже температура кипения воды. Например, на вершине горы Фудзи атмосферное давление – 0,6 атмосферы, поэтому температура закипания воды – примерно  $87\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Часто говорят, что рис, приготовленный на высокой горе, невкусный. Это происходит потому, что вода испаряется прежде, чем необходимое количество тепла подействует на рис, поэтому в середине крупа остаётся твердой.

И наоборот, когда атмосферное давление выше, температура кипения воды также повышается. Например, при атмосферном давлении в 1,6 атмосферы вода закипает при  $113\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

В скороварке искусственно создаётся повышенное давление.

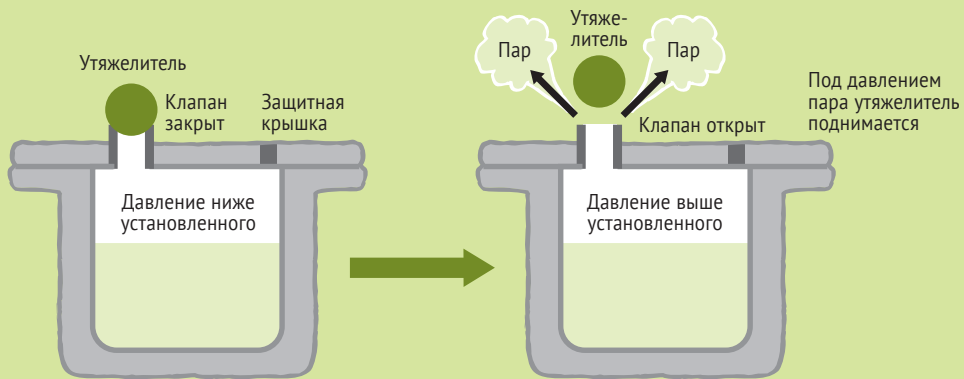
Когда вода начинает испаряться и превращаться в пар, её объём увеличивается примерно в 1000 раз. Если не позволить ей увеличиться в объёме, а закрыть в ограниченном пространстве, то давление повысится. Когда готовишь еду при температуре выше  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ , то ингредиенты быстрее нагреваются.

Так каким же образом создаётся нужное давление?

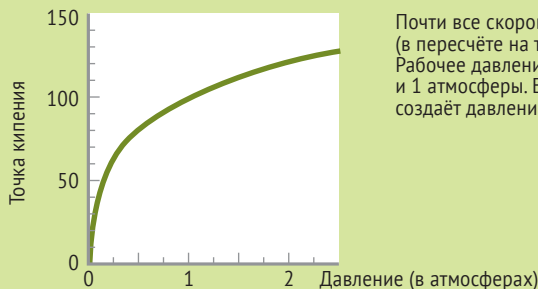
Для этого используется особая крышка, в которой там, где должен выходить пар, установлены утяжелитель и пружина. Если давление ниже заданного, то крышка плотно закрывается, а если выше, то приоткрывается, чтобы выпустить некоторое количество пара и снизить давление. Повторяя этот процесс, скороварка поддерживает постоянное давление. Можно создавать давление, необходимое для каждого конкретного блюда, регулируя вес утяжелителя и силу пружины. На случай, если крышка перестанет работать, есть также дополнительная защитная крышка.

Если в скороварке нет воды, то нет и давления. Поэтому её используют для приготовления блюд с высоким содержанием влаги, таких как мясо с овощами. Давайте будем внимательны и не будем использовать скороварку для приготовления сухих продуктов.

### 1 Принцип действия скороварки с утяжелителем



### 2 Точка кипения воды при разном давлении



Почти все скороварки имеют рабочее давление 60–100 кПа (в пересчёте на температуру кипения – 113–120 °С). Рабочее давление – это разница давления в скороварке и 1 атмосферы. Если рабочее давление 60 кПа, то скороварка создаёт давление в 1,6 атмосферы

## Как работает нагревание в индукционной плите?

### Электромагнитная индукция и индукционный нагрев

В некоторых многоэтажных многоквартирных домах, полностью электрифицированных или тех, где стоит ограничение по использованию газа, для приготовления пищи используются индукционные плиты. Давайте рассмотрим, как индукционные плиты нагревают поставленные на них кастрюли.

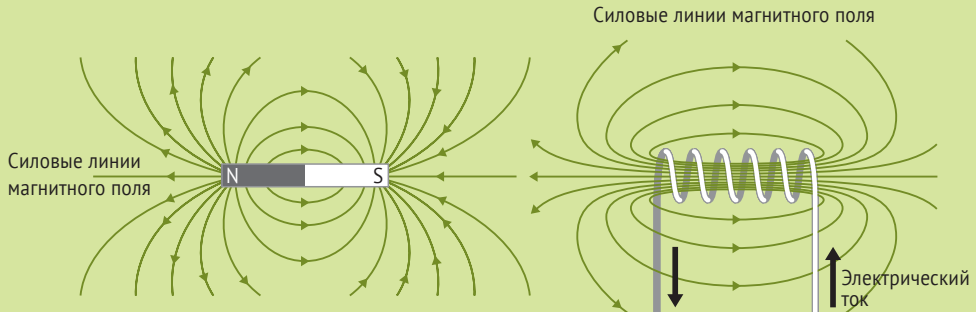
Вещество, получая воздействие от окружающей среды, стремится по возможности сохранить изначальное состояние. Представим себе ситуацию, когда свободно движущиеся многочисленные электроны металлической пластины приближаются к магниту. В таком случае магнитный поток, пропорциональный силе магнита, вторгается в металлическую пластину, а металл стремится сохранить своё изначальное состояние, когда магнитный поток был равен нулю.

Электричество и магнетизм тесно связаны, и электрический ток, подобно магниту, создаёт магнитное поле. Под действием магнитного потока в металле возникает собственный индуцированный ток (вихревой ток), который создает противоположно направленный магнитный поток, минимизируя воздействие на него. Это явление называют **электромагнитной индукцией**.

В металлической кастрюле, имеющей большое электрическое сопротивление, из-за электромагнитной индукции происходит нагревание вихревым током – так работает индукционная плита. Подобный метод нагревания называют **индукционным нагревом**. На самом деле в индукционных плитах вместо постоянного магнита под конфорками находится электромагнит, на который подается переменный ток, создающий магнитное поле с периодически меняющимися полюсами. Поскольку индукционные плиты отдают тепло непосредственно кастрюле, получение тепловой энергии из электричества происходит гораздо эффективнее.

Бывают низкочастотные индукционные плиты, использующие коммерческую частоту (50–60 Гц), и высокочастотные плиты, использующие переменный ток частотой в 20–60 кГц, получаемый с помощью инвертора. Среди высокочастотных плит в последнее время начали продавать такие, для которых можно использовать не только обычные эмалированные железные кастрюли или кастрюли из нержавеющей стали, но и бронзовые, алюминиевые и кастрюли из других металлов.

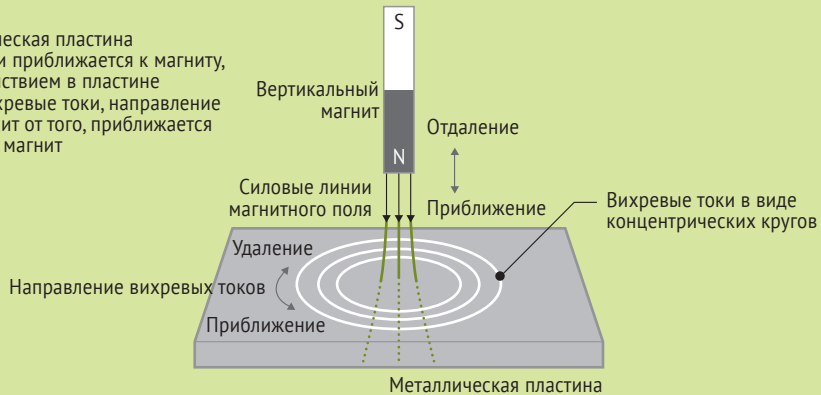
## 1 Силовые линии, созданные постоянным магнитом и электромагнитом



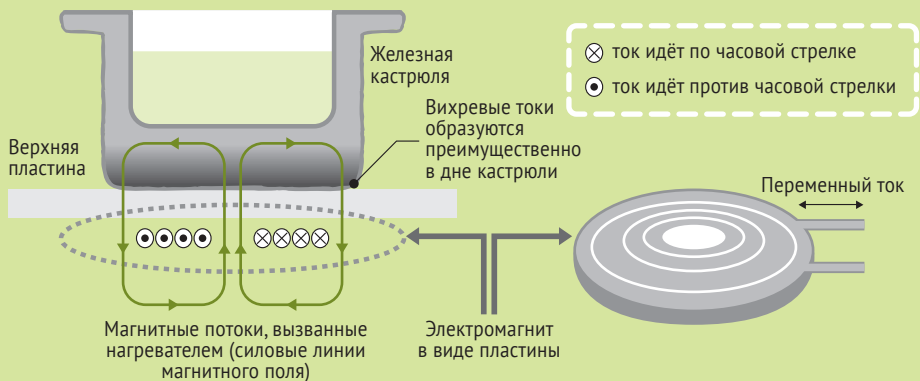
Под действие переменного тока силовые линии магнитного поля, создаваемого электромагнитом, меняют свое направление. Если увеличить ток, увеличится и магнитное поле

## 2 Возникновение вихревых токов

Если металлическая пластина отделяется или приближается к магниту, то под его действием в пластине возникают вихревые токи, направление которых зависит от того, приближается или удаляется магнит



## 2 Возникновение вихревых токов



Коэффициент полезного действия (КПД) индукционных плит, в особенности высокочастотных, более 90 %, в отличие от обычных электрических с КПД в 50 %. Однако он будет гораздо ниже при использовании бронзовой и алюминиевой посуды

# Почему холодильник охлаждает?

## Термодинамические циклы и эффект Пельтье

Холодильник – один из самых незаменимых на каждой кухне бытовых приборов.

В работе холодильника для **охлаждения используются термодинамические циклы и термоэлектрический эффект.**

Сначала поговорим о способе охлаждения, используемом в обычных домашних холодильниках. Термодинамический цикл включает в себя **компрессию и удельную теплоту парообразования и конденсации.**

В домашних холодильниках используются такие **вещества-хладагенты**, как, например, **изобутан**. Хладагенты находятся в газообразном состоянии, но при обыкновенной температуре с высоким давлением могут становиться и жидкостью.

Газообразный хладагент сначала сжимается в компрессоре, затем перемещается в конденсатор, где он становится жидкостью.

Потом эта жидкость через расширительный клапан или капиллярную трубку передаётся в испаритель, где понижается давление и, следовательно, снижается точка кипения жидкости, жидкость начинает активно кипеть и испаряться, **забирая из окружающей среды тепло испарения, температура понижается.**

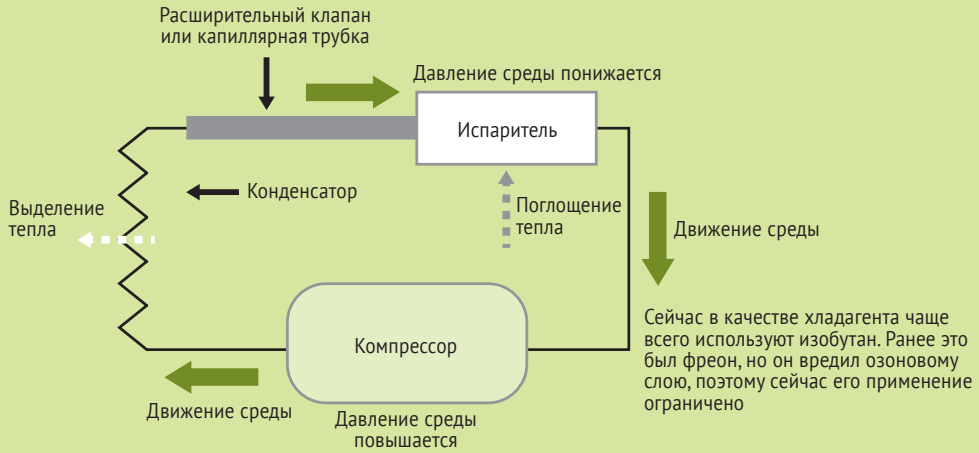
Хладагент после кипения вновь в газообразном состоянии возвращается в компрессор, повторяет тот же путь и охлаждает пространство рядом с испарителем.

В этом методе охлаждения для сжатия хладагента используется компрессор, что вызывает вибрацию и шум.

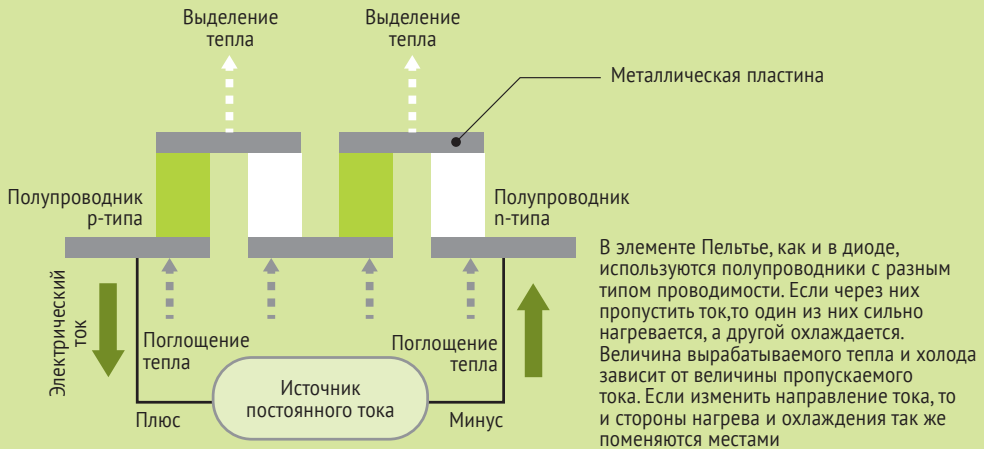
Чтобы избежать их, используются холодильники, в которых тепло передаётся без механического движения благодаря охлаждению с помощью **элемента Пельтье.**

Здесь используется **эффект Пельтье** – термоэлектрическое явление переноса энергии при прохождении электрического тока в точке соприкосновения металла и полупроводника. Поглощённое одной стороной тепло передаётся другой.

## 1 Термодинамический цикл холодильника



## 2 Движение тепла, обеспеченное элементом Пельтье



### Что такое эффект Пельтье?

Эффект Пельтье был открыт в XIX веке французским учёным Жаном Шарлем Пельтье. Сначала элемент Пельтье не имел практического применения, но с изобретением полупроводников он стал применяться не только в специальных охлаждающих устройствах, но и для охлаждения больших пространств, например винных погребов

# Почему копировальный аппарат может делать копии?

## Применение статического электричества

Когда воздух сухой, при снятии одежды может раздаться потрескивающий звук.

Это работа **статического электричества**. В случае с одеждой оно может быть неприятным, но оно необходимо для работы копировальных аппаратов и принтеров.

Сначала давайте разберёмся, как копировальный аппарат считывает текст.

Бумага выглядит белой, потому что хорошо отражает свет. И наоборот, написанная ручкой буква выглядит чёрной, потому что та часть, где написана буква, почти не отражает света. В копировальном аппарате текст ярко освещается и затем распознаётся благодаря силе или слабости отражения света; так он понимает, где находятся буквы и какой они толщины.

Теперь поговорим о том, как считанная информация передаётся на другой лист бумаги.

Материалы, плохо проводящие электрический ток, например пластик, называют изоляционными, а металлы и другие материалы, хорошо проводящие ток, – проводниками.

Изоляционные материалы могут накапливать на поверхности электрические заряды, вызывающие статическое электричество, а проводники – нет. Поэтому если потереть о волосы пластиковую подкладку, то волосы встанут дыбом, а если металлическую пластину, то нет.

В основе работы копировального аппарата лежит фоторецептор. В обычном состоянии это изоляционный материал, но когда на него попадает свет, он становится проводником.

В совершенно тёмной комнате на поверхности фоторецептора накапливается электрический заряд, так что же будет, если направить на него очень яркий свет?

Те части, куда попал свет, становятся проводниками, и электрический заряд уйдёт, а в частях, оставшихся тёмными, останется. На этом этапе **разбрызгивается тонер** (мелкий чёрный порошок, главным образом состоящий из углерода), **который благодаря электростатическому индукционному току переносится на те места, где есть электриче-**



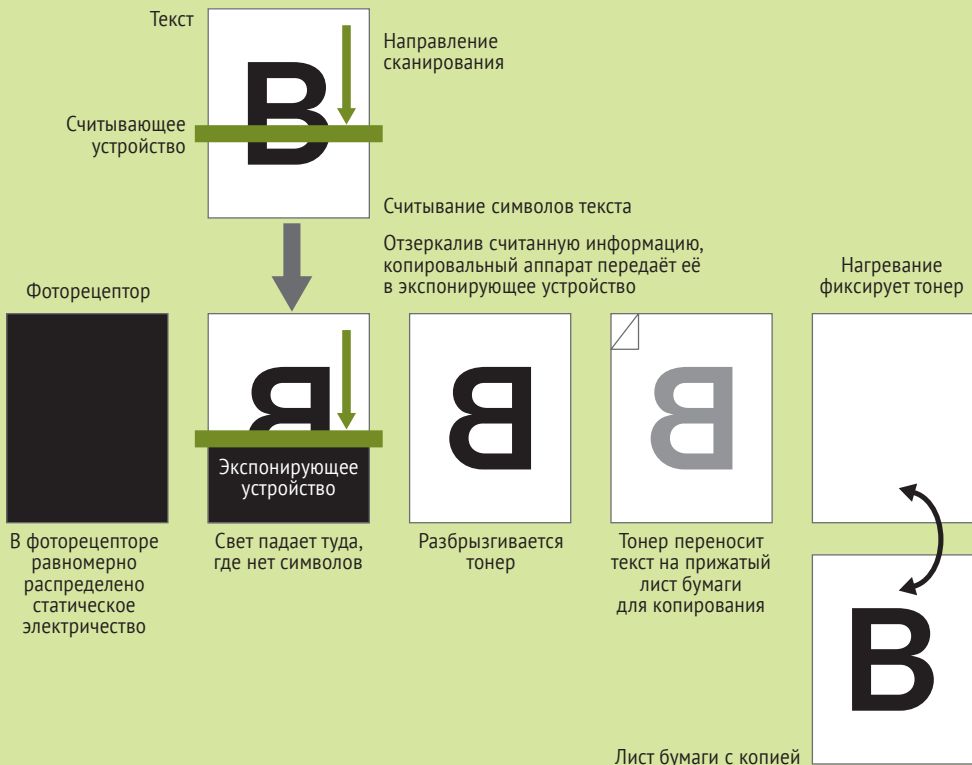
**ский заряд.** Затем к фоторецептору прижимают лист бумаги, и **тонер окрашивает чёрным только те части, куда не попал свет.**

На деле в копируемых аппаратах и принтерах происходит процесс, называемый **корональным выбросом.** С помощью вольфрамовой проволоки на поверхности фоторецептора равномерно распределяется отрицательный электрический заряд.

Затем на фоторецептор, считавший оригинальный текст, наносится тонер, текст становится зеркально отражённым, и на него направляется сильный свет. Копирование завершается нагреванием бумаги, чтобы закрепить тонер на ней. После очистки фоторецептора процесс повторяется.

Лазерные принтеры и светодиодные принтеры в основном устроены точно так же. Разница в том, что текст печатают не с бумаги, а из памяти компьютера, точно его регулируют лазерными лучами или светодиодами, направленными на фоторецептор, а затем печатают на бумаге.

### Краткая схема процедуры сканирования



# Как устроен аэрохоккей?

## Ослабление трения из-за давления воздуха

Аэрохоккей – это известная игра, которую часто можно встретить в игровых центрах. Она состоит в том, что по гладкой верхней поверхности стола скользит шайба (пластиковая в форме диска), соперники борются за очки, забивая шайбу в «ворота» соперника.

Давайте рассмотрим, как шайба скользит по поверхности.

На поверхности стола для аэрохоккея есть множество отверстий, ведущих **внутрь стола (воздушные карманы)**. Из компрессора воздух направляется в воздушный карман, а затем он через отверстия на поверхности стола выдувается наружу.

Чтобы шайба могла легко скользить по поверхности, нужно, чтобы давление в воздушных карманах было выше, чем атмосферное. **Для этого в аэрохоккее предусмотрены толстая верхняя поверхность стола и отверстия с небольшим поперечным сечением.**

Чтобы воздух мог выходить через длинные и узкие отверстия маленького диаметра, необходимо высокое давление, способное преодолеть **сопротивление вязкости воздуха** (большая разница в давлениях).

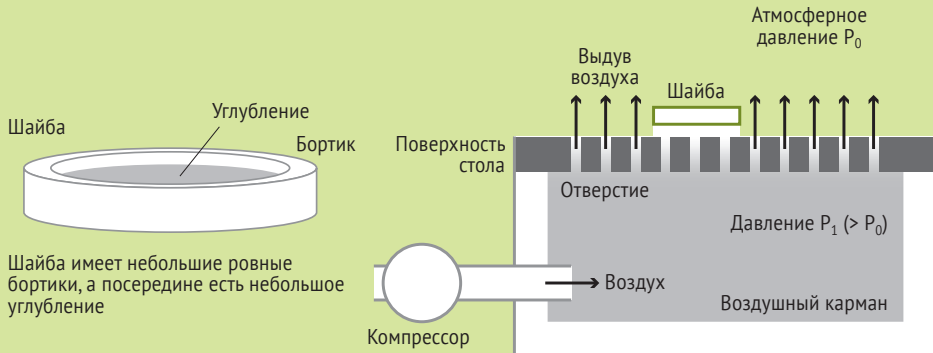
В столе для аэрохоккея благодаря узким и длинным отверстиям в толстой поверхности давление в воздушных карманах  $P_1$  больше, чем атмосферное давление  $P_0$ .

Когда на поверхность стола кладут шайбу, она, подобно крышке, закрывает под собой воздушное отверстие, воздух не может выйти, и поэтому давление воздуха под шайбой достигает величины давления в воздушном кармане.

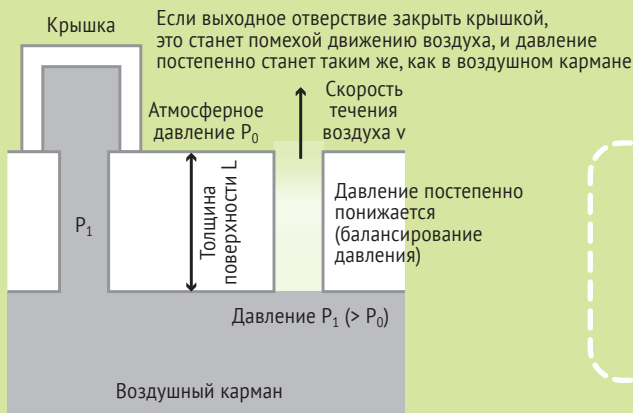
Затем, благодаря разнице с атмосферным давлением, вступает в действие сила, направляющая шайбу вверх. Эта направленная вверх сила **уравновешивается** направленной вниз силой тяжести, и шайба как бы скользит по поверхности.

Таким образом, из-за разницы в давлении между верхом и низом шайба легко, без трения, скользит по поверхности стола, и чтобы заставить её двигаться, не надо прикладывать много силы.

### 1 Устройство шайбы и стола для аэрохоккея



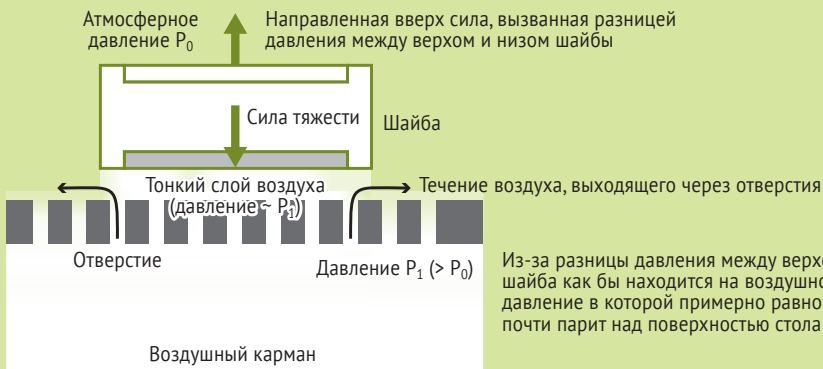
### 2 Изменение давления воздуха



$$\text{Скорость течения воздуха } v = \frac{A(P_1 - P_0)}{\eta L}$$

$A$  – поперечное сечение отверстия;  
 $L$  – длина отверстия;  
 $\eta$  – коэффициент вязкости воздуха

### 3 Как разница в давлении воздуха двигает шайбу



Из-за разницы давления между верхом и низом шайба как бы находится на воздушной подушке, давление в которой примерно равно  $P_1$ , поэтому она почти парит над поверхностью стола

# Как работают карандаш и ластик и стираемая шариковая ручка?

## Сродство и теплота трения

Хоть многие и говорят, что мы уже вступили в цифровой век, когда вся информация будет в компьютерах, пока всё же невозможно себе представить жизнь без бумаги и карандаша.

В качестве прототипа для стержня карандаша выступил обнаруженный в XVI веке в Англии **графит** – чёрное вещество. Он имеет следующее строение: несколько **слоёв атомов углерода** в виде шестиугольных **сот**, сложенных друг на друга.

В местах соприкосновения соединение между слоями слабое, поэтому их **легко можно разделить** – это свойство называется **расщеплением**. Карандаш оставляет следы от букв на бумаге благодаря тому, что графит цепляется за растительные волокна бумаги и легко об них стирается.

Когда пишете карандашом, ластик просто незаменим. В XVIII веке англичанин Джозеф Пристли случайно стёр написанное карандашом на бумаге куском резины: то был первый ластик, и за всё это время он стал таким, каким мы пользуемся сейчас.

Материал, из которого делают ластик, имеет **высокую степень сродства** к графиту, поэтому он ещё лучше, чем бумага, цепляет его на себя. Это свойство иллюстрирует и следующий пример: если к написанной карандашом букве прижать ластик, то буква отпечатается на нём.

Ластик работает таким образом, что если потереть им поверхность бумаги, то кажется, как будто показывается новый слой поверхности. Если продолжать тереть ластиком графит, сцепившийся с волокнами бумаги, то будут появляться всё новые слои. Таким образом возможно стереть написанное карандашом.

В последнее время популярны становятся и **шариковые ручки, написанное которыми можно стирать**: ластик для них делают из камеди. Если чернила в такой ручке нагреть до **65 °С, то они обесцветятся и останутся такими даже после охлаждения** (это свойство называется **бесцветность**). Поэтому всё, написанное такой ручкой, под воздействием теплоты трения камеди о бумагу исчезает.

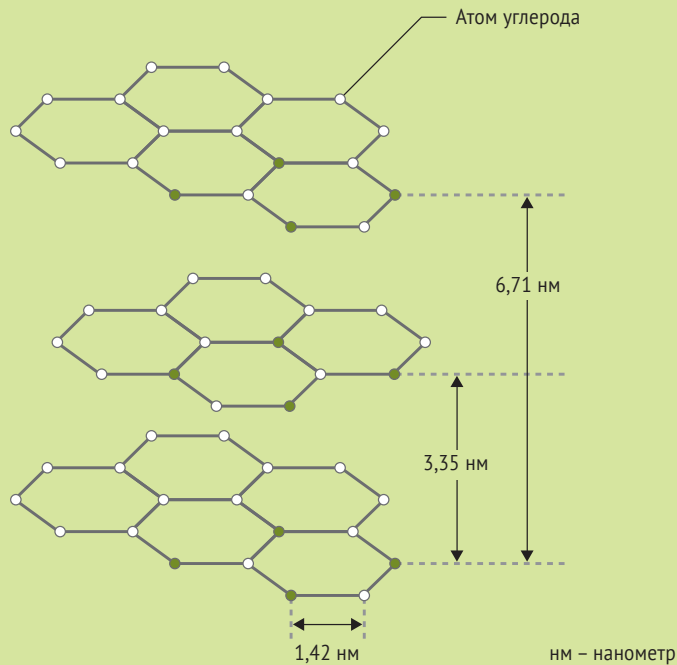
Что интересно при работе с подобными чернилами – исчезнувшие под воздействием тепла символы после охлаждения бумаги до **-20 °С** снова проявятся (это свойство называется **возвращение цвета**). В морозил-

ке домашнего холодильника (примерно  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) это проверить трудно, но если использовать сухой лёд или жидкий азот, то в этом можно убедиться.

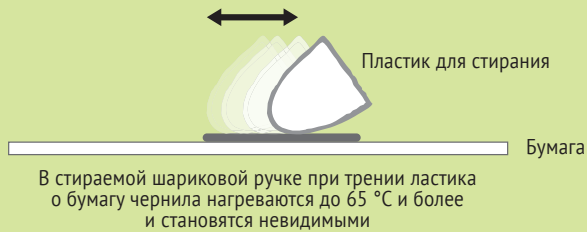
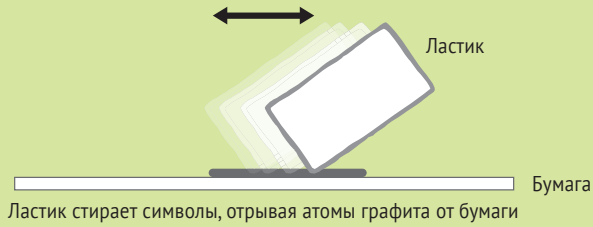
Стержни в современных карандашах делают из смеси графита и глины, запечённой при температуре примерно в  $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а затем пропитывают маслом. Для стержней механических карандашей вместо глины используется полимерная смола.

Слой графита толщиной в один атом называется графен, и за его открытие Андрею Гейму и Константину Новосёлову в 2010 году была присуждена Нобелевская премия по физике. Поскольку графен имеет толщину всего в один атом, он обладает высокой прозрачностью и легко проводит электричество. Используя эти свойства, учёные активно исследуют способы его практического применения, например в качестве материала для изготовления электродов мониторов.

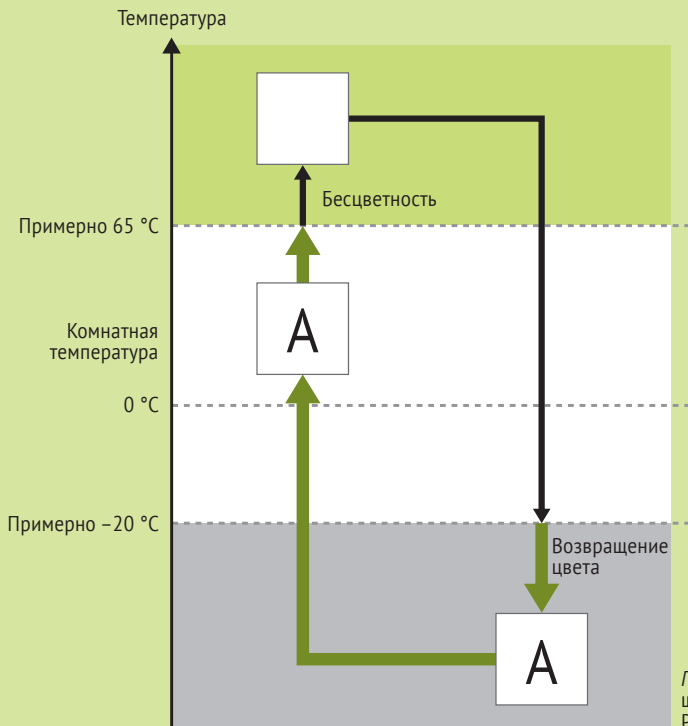
### 1 Кристаллическое строение графита



## 2 Разница в стирании карандаша и чернил стираемой шариковой ручки



## 3 Особенности чернил в стираемой шариковой ручке



Примечание: фрикционный шарик – торговый знак компании PILOT

# В чём секрет каменных мостов в виде арок, которые не ломаются и за тысячу лет?

## Закон действия и противодействия

Издревле люди начали строить сооружения в форме арок, например акведуки, которые возводили в Древнем Риме.

Кажется, что в середине такого каменного сооружения арку ничто не поддерживает. Давайте разберёмся, почему же такие мосты могут стоять более 1000 лет и не обрушиваться.

На камни, из которых построен арочный мост, действует сила тяжести, пропорциональная массе камня и направленная вертикально вниз.

Если поднять камень в воздух, а затем разжать руку, то он упадёт, однако если его положить на твёрдую ровную поверхность, то он будет лежать неподвижно. Это происходит потому, что, как показано на **схеме 2**, помимо действия **силы тяжести**, направленной вниз, на камень, положенный на поверхность, действует также и **нормальная реакция опоры**, и эти две силы уравнивают друг друга.

Чтобы поддерживать камни в центре арки, нужна сила, соответствующая противодействию поверхности.

Секрет арочных мостов – в форме камней. Если присмотреться, они в разрезе представляют собой не квадраты, а трапеции.

На **схеме 3** видно, что ближе к центру моста в виде арки камни увеличиваются. Камень А давит на камни В и С по бокам от него, это **действие** – сила, направленная вниз. В результате камень А получает от камней В и С **противодействие** – силу, направленную вверх. Если сравнить действие и противодействие, то окажется, что сила, направленная вверх, находится в балансе с действием силы тяжести камня А. Другими словами, **камни в арочном мосте давят на соседние, и в результате противодействие поддерживает их собственный вес**. Поскольку камни давят друг на друга сильнее, чем на них действует сила тяжести, и эта сила сжатия очень велика, то если не ошибиться с подбором камней, то проблем не будет.

Однако вес всего моста поддерживает поверхность с обеих сторон арки, поэтому если не обеспечить в этой части надёжную основу, то мост разрушится.

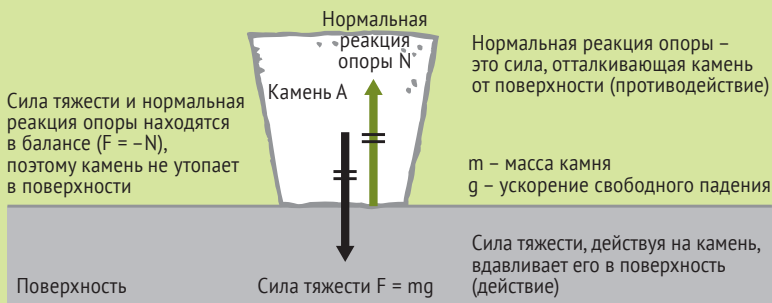
Создаётся деревянная опора, на неё аккуратно укладываются камни, после чего деревянную основу убирают. Если камни сложены плохо, то они распадаются сразу же после того, как убирают деревянную основу.

Арки пришли к нам сквозь века, и их устройству находится применение даже сейчас. Например, для стенок дамб и тоннелей, где необходима большая компрессионная сила.

## 1 Арочный мост

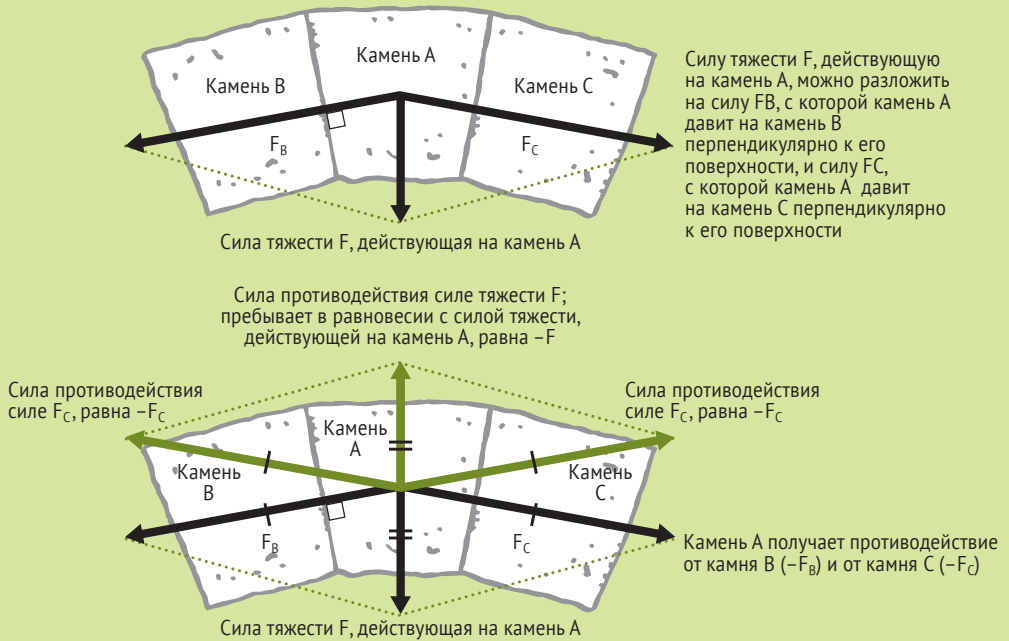


## 2 Когда центральный камень положили на поверхность



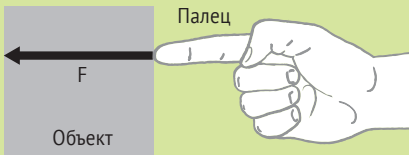


### 3 Три камня в центре арки

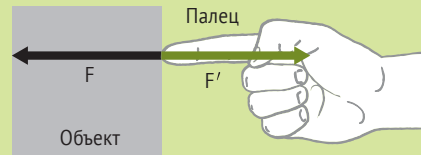


### 4 Закон действия и противодействия

Сила  $F$ , с которой палец давит на объект (действие)

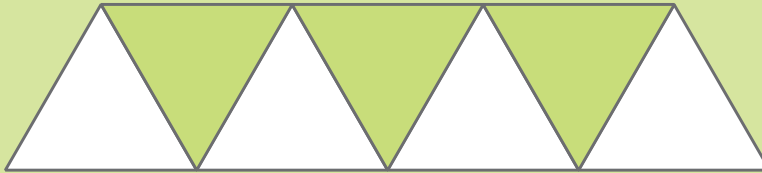


Сила  $F'$ , с которой объект давит на палец (противодействие)



Силы действия и противодействия равны, но направлены противоположно

### 5 Ферменная конструкция



В настоящее время благодаря появлению материалов, устойчивых к сжатию и натяжению, отпала насущная необходимость в арочных конструкциях. На рисунке изображена ферменная конструкция, часто используемая для железнодорожных и других мостов

# Как устроен пульт удалённого управления, которым можно переключать каналы, а как – автоматическая дверь?

## Использование инфракрасных лучей

В последнее время почти во всех электронных приборах используют **пульты дистанционного управления**. В большинстве таких пультов **инфракрасные лучи** передают сигналы в **светоприёмное устройство** прибора.

Длина волны инфракрасных лучей – несколько десятков микрометров, поэтому увидеть их невооружённым глазом невозможно. Однако если взять, например, цифровую камеру и навести её на пульт, то в объективе при нажатии на кнопку пульта можно увидеть мерцание там, где проходит сигнал. Используемые в камерах ПЗС-матрицы и светочувствительные матрицы позволяют поймать и изобразить тот свет, который невозможно различить человеческим взглядом.

Итак, какой же сигнал передаётся из пульта?

Если сигнал, отправленный с пульта дистанционного управления, посмотреть на экране **осциллографа со встроенным инфракрасным датчиком**, сопротивление которого изменяется, когда на него **воздействуют инфракрасные лучи**, становится понятно, что при нажатии кнопок **ВКЛ** и **ВЫКЛ** генерируются сигналы разной длины, скорость которых составляет примерно от 0,5 до 1,2 мм/с.

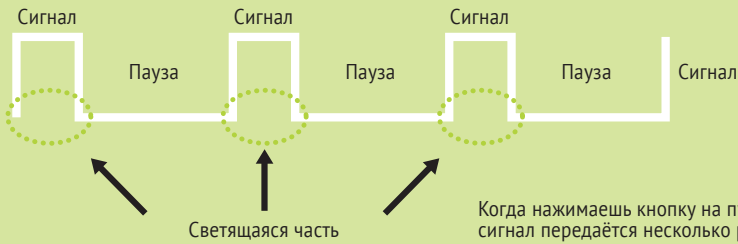
**Цифровые сигналы**, передаваемые инфракрасным пультом, немного отличаются при нажатии разных кнопок.

Светоприёмное устройство анализирует разницу в периодичности моргания света, определяет, какая кнопка была нажата, и переключает канал.

Кстати, если нажимать на кнопки пульта, направив выпускающую свет его часть к стене, то каналы всё равно переключатся. Это происходит потому, что **инфракрасные лучи отражаются от стены** и достигают светоприёмного устройства телевизора.

Инфракрасные лучи используются также в автоматических дверях и кранах в раковинах – в них установлены датчики, реагирующие на приближение людей (**датчики движения**).

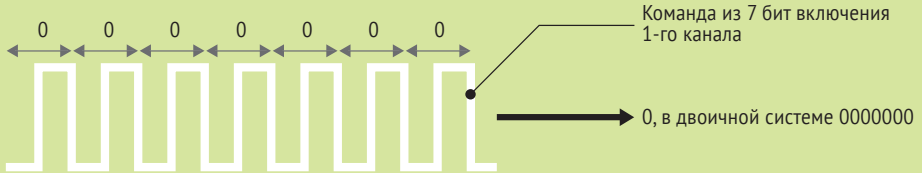
## 1 Инфракрасный сигнал, передаваемый из пульта



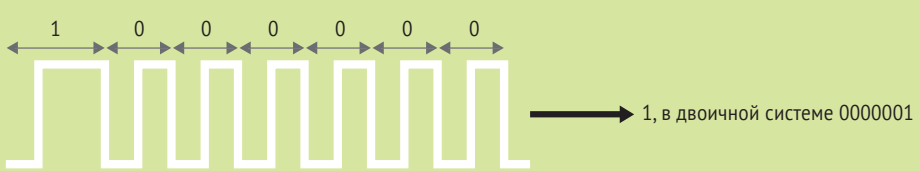
Ниже показан передатчик сигналов в тот момент, когда нажимают на кнопки разных каналов

Когда нажимаешь кнопку на пульте, от передатчика сигнал передается несколько раз с небольшими интервалами. Поэтому, если взять цифровую камеру и навести её на пульт, в объективе можно увидеть, как передатчик сигнала на пульте мигает

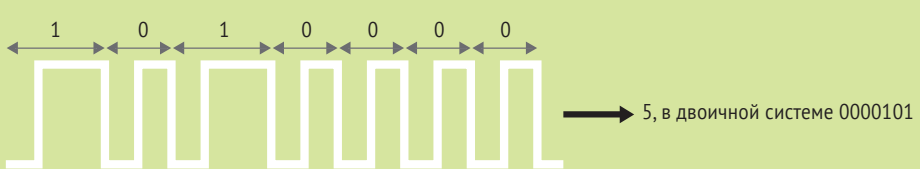
### 1-й канал



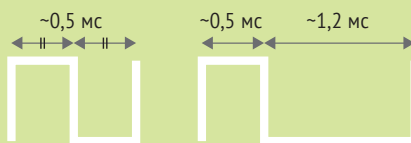
### 2-й канал



### 6-й канал



## 2 Как инфракрасные сигналы преобразуются в 0 и 1



Пример разницы между 0 и 1 в инфракрасных сигналах (небольшое опережение)

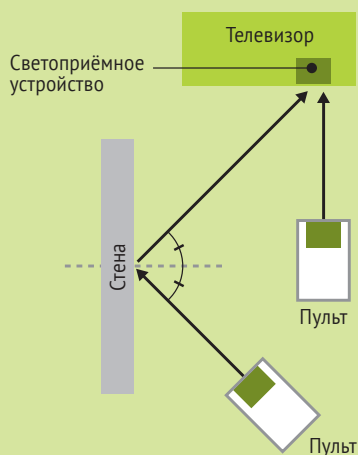
Здесь представлен пример того, как передаваемые инфракрасные сигналы преобразуются в 0 и 1 при нажатии на кнопки переключения каналов телевизора

Датчики движения могут быть в **пассивном и активном режимах**.

В пассивном режиме используется принцип, согласно которому поверхность тела человека испускает инфракрасные лучи. Они замечают изменение количества инфракрасных лучей, достигающих датчиков и направленных из определённых мест, и так определяют близость человека.

В активном режиме датчики наблюдают за перехватчиком отражений и инфракрасными лучами, направленными в определённые места. Они могут заметить приближение и холодного объекта, не испускающего так много инфракрасных лучей.

### 3 Когда инфракрасные лучи действуют прямо на приёмник и когда через отражение



Поскольку инфракрасные лучи – это электромагнитные волны – они могут также отражаться от стен

### 4 Пример использования датчика движений (пассивный режим)



Датчик воспринимает инфракрасные лучи, исходящие от человеческой руки