



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

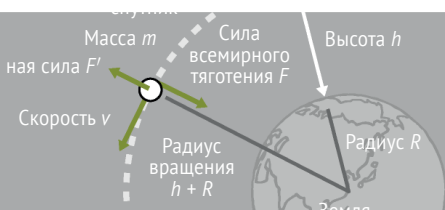
Почему при высокой температуре мы чувствуем себя плохо? 52

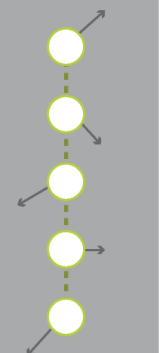
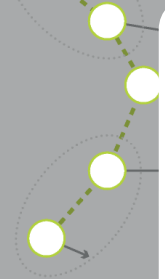
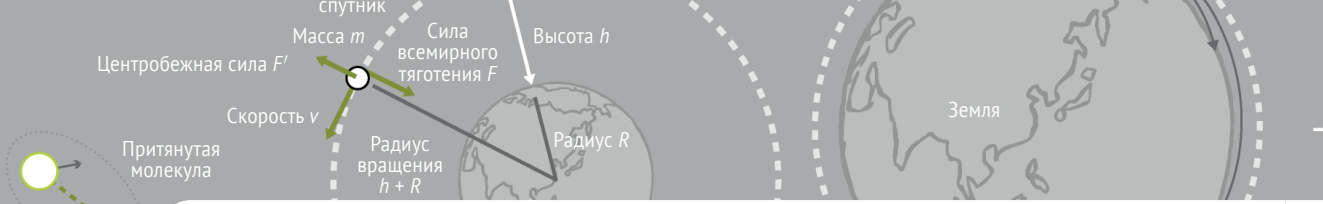
Почему глаза кошек светятся в темноте? 55

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

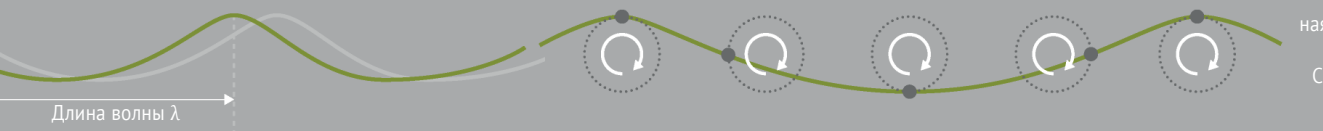
Почему лыжники, прыгая на лыжах с трамплина, не травмируются
 при приземлении? 72
 Почему в фигурном катании вращение постепенно становится
 всё быстрее? 74
 Почему лыжи и коньки легко скользят по снегу и льду? 76
 Почему при беге на короткие расстояния стартуют с низкой
 позиции? 79
 Как предотвратить 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.

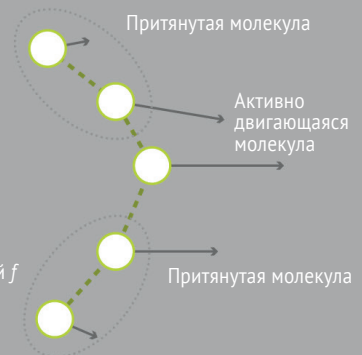
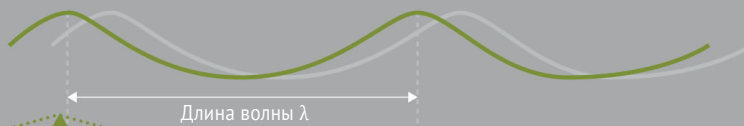
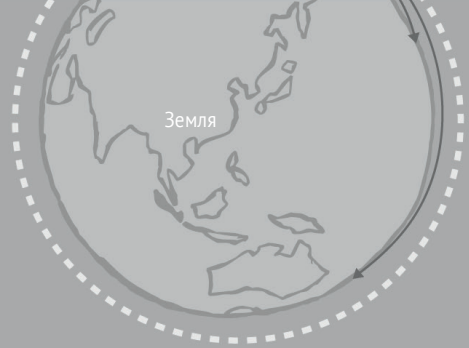
И наконец, моя жена Токико каждый раз, когда я писал очередную часть черновика этой книги, просматривала его и давала ценные комментарии. Я прислушивался к её комментариям и переписывал те моменты, на которые она указывала, поэтому думаю, что содержимое книги будет лёгким для чтения и восприятия. Я очень 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** γ_{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.

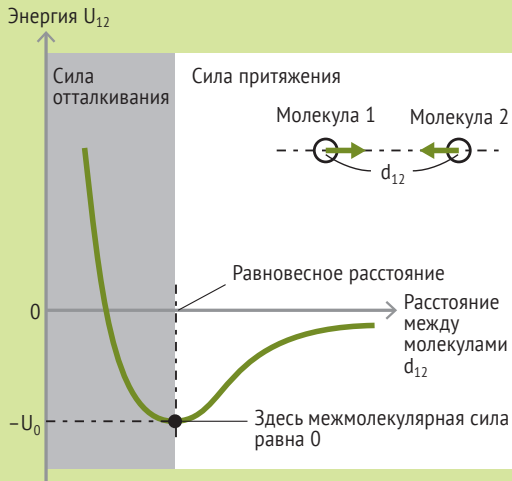
В твёрдых телах молекулы не могут двигаться свободно. Вместо этого они прикрепляются к поверхности соседних молекул, и их энергия снижается. Молекулы притягиваются, чтобы уменьшить поверхность самого тела, и это явление называется **поверхностным натяжением твёрдых тел** γ_{SV} .

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** γ_{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.

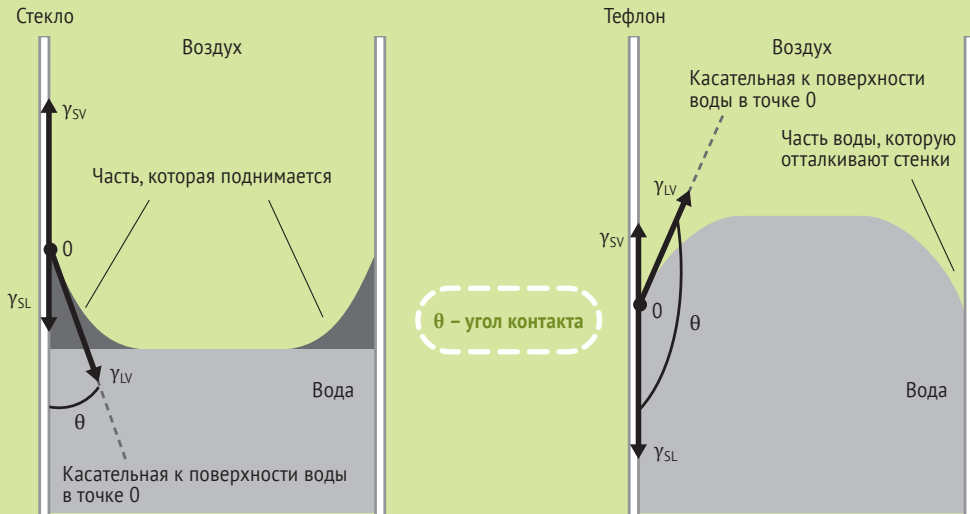
Что же случится, если сделать стакан из водоотталкивающего материала, например тефлона?

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 (γ_{LV}), сила натяжения поверхности твёрдого тела (γ_{SV})

(а) В стеклянном стакане вода поднимается по стенкам

(б) Что происходит с водой у стенок тефлонового стакана



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

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

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

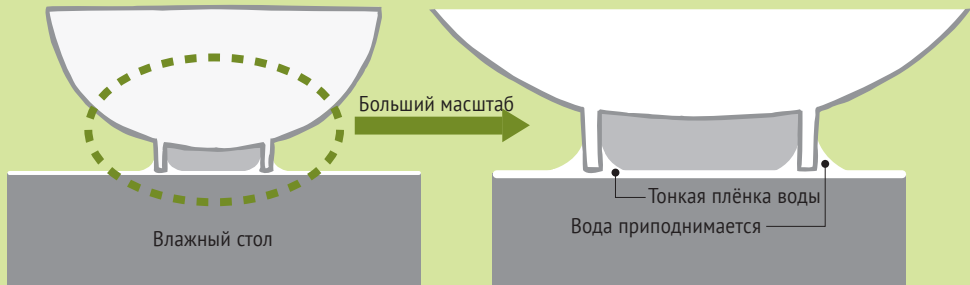
Миска для мисо-супа имеет цилиндрическую подставку. Когда мы ставим такую миску на влажный стол, то под влиянием силы поверхностного натяжения вода заполняет крошечное пространство между этой подставкой и столом. Вода служит в качестве смазочного материала, уменьшающего силу трения, и вместе с тем сцепляет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

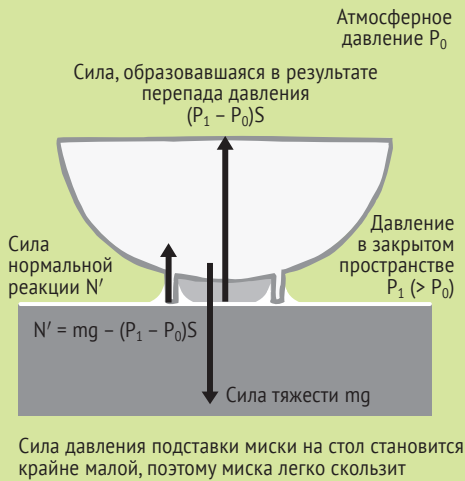
Поэтому сила, с которой соприкасаются подставка миски и поверхность стола, заметно ослабевает, и трение между столом и подставкой становится крайне малым. И если, например, стол немного наклонён, то в действие вступает сила тяжести, и миска плавно скользит вниз.

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

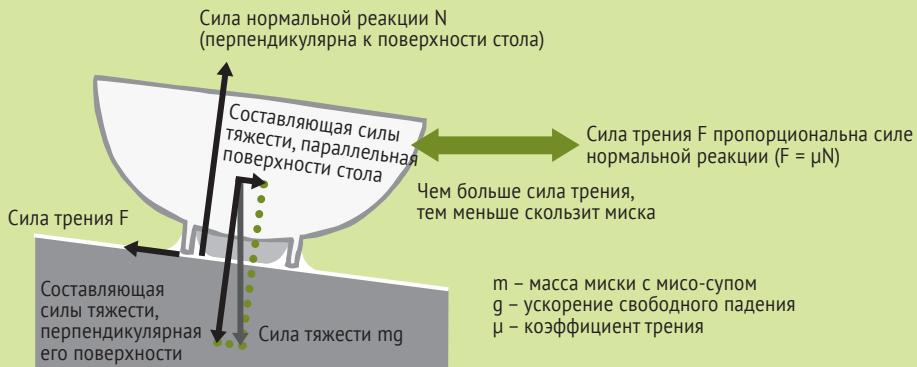
$$PV = Nk_B T$$

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 θ (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.

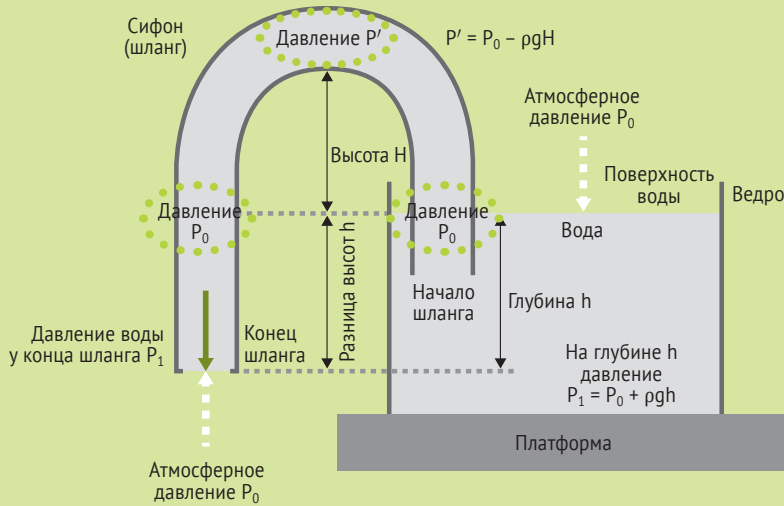
Это происходит из-за разницы между давлением воздуха (атмосферным давлением P_0) и давлением воды у конца шланга.

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

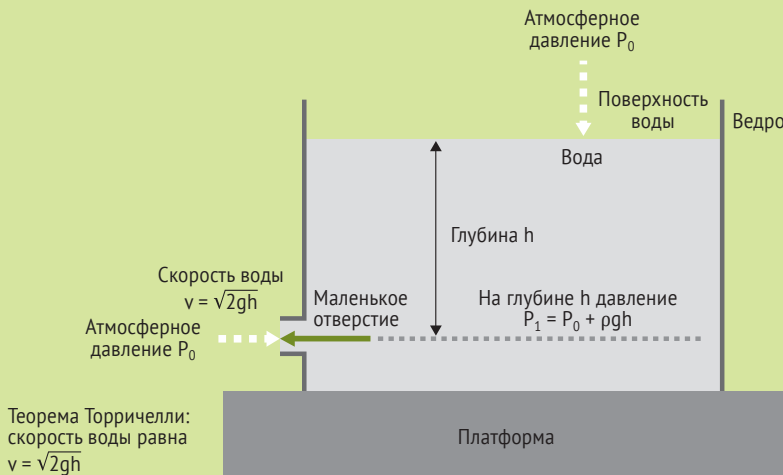


Поскольку есть разница высот между поверхностью воды в ведре и концом сифона, давление воды у конца шланга $P_1 = P_0 + \rho gh$ (где ρ – плотность воды, g – ускорение свободного падения) будет выше атмосферного давления.

Давление воды в верхней части шланга $P' = P_0 - \rho gH$ (где H – 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)

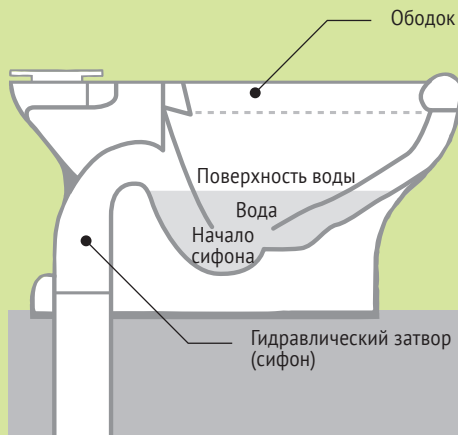


В стенке ведре есть отверстие на той же высоте, что и конец шланга, поэтому эта ситуация аналогична ситуации с сифоном

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.

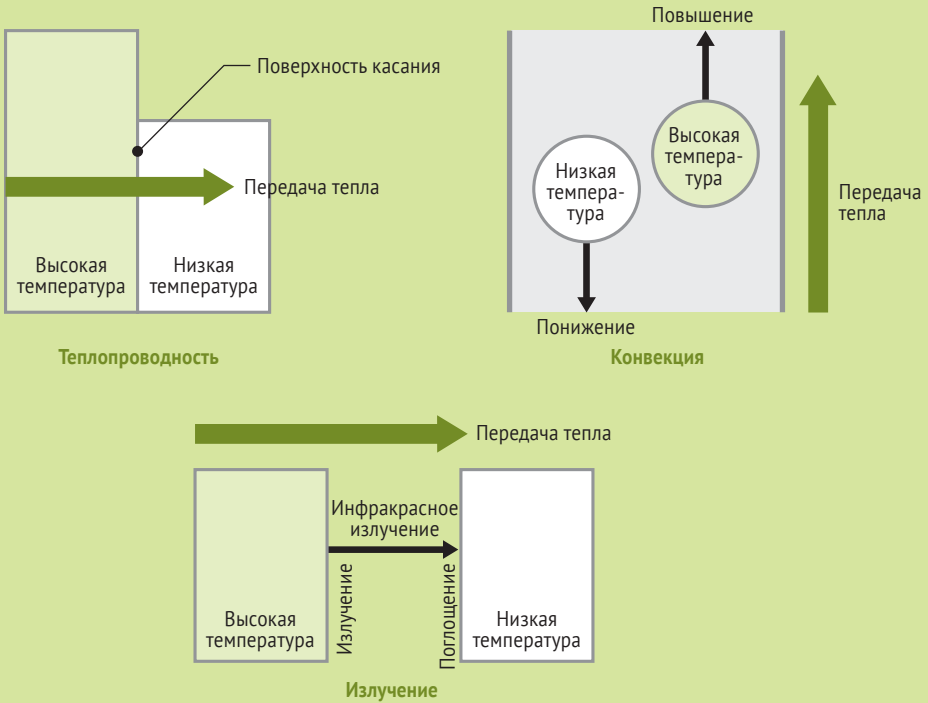
Давайте рассмотрим устройство термоса. Как видно на [схеме 1](#), на передачу тепла влияют три фактора: теплопроводность, конвекция и излучение. Теплопроводность – передача тепла от горячего объекта к холодному при соприкосновении; конвекция – передача тепла при движении горячего объекта; излучение –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

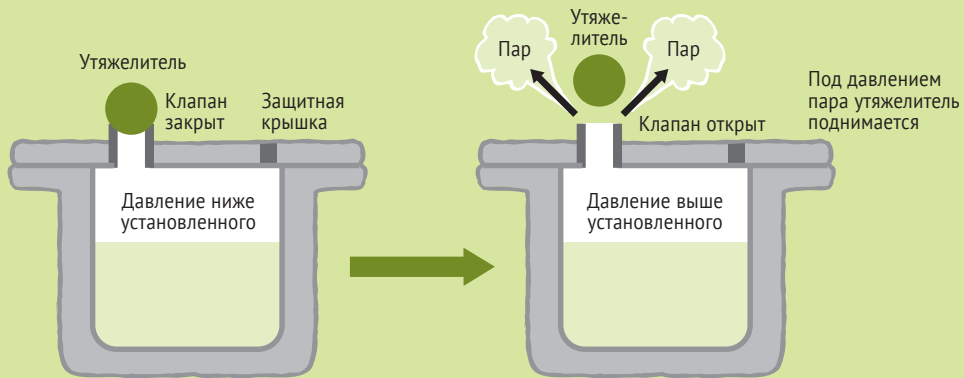
Когда вода начинает испаряться и превращаться в пар, её объём увеличивается примерно в 1000 раз. Если не позволить ей увеличиться в объёме, а закрыть в ограниченном пространстве, то давление повысится. Когда готовишь еду при температуре выше $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, то ингредиенты быстрее нагреваются.

Так каким же образом создаётся нужное давление?

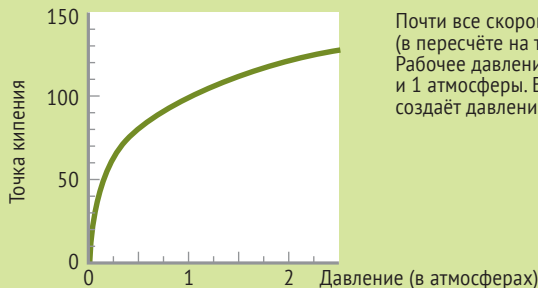
Для этого используется особая крышка, в которой там, где должен выходить пар, установлены утяжелитель и пружина. Если давление ниже заданного, то крышка плотно закрывается, а если выше, то приоткрывается, чтобы выпустить некоторое количество пара и снизить давление. Повторяя этот процесс, скороварка 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

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru