図解

С этой книжкой не уснёшь!

МИЦУХАРУ НАГАСАВА



Физика вокруг нас

ДМК Пресс
издательство

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

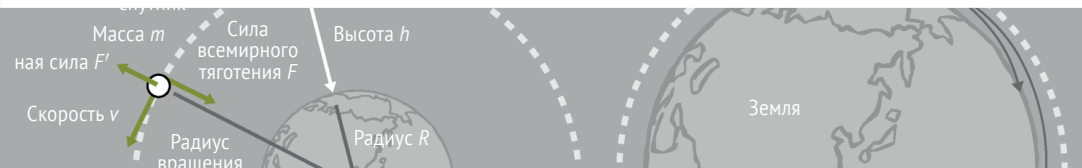
Предисловие 8

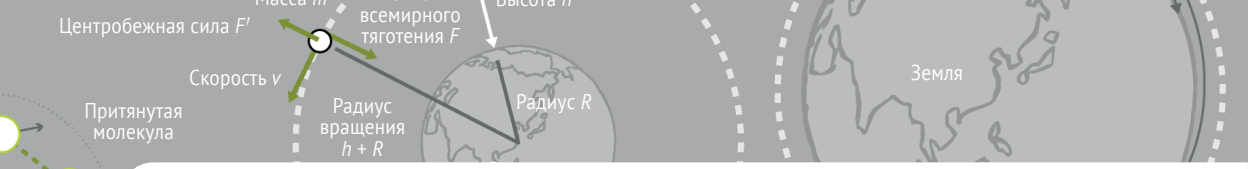
Глава 1. Жизнь и физика

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

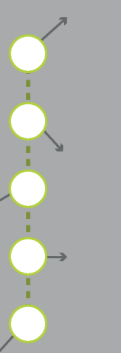
Глава 4. Транспорт и физика

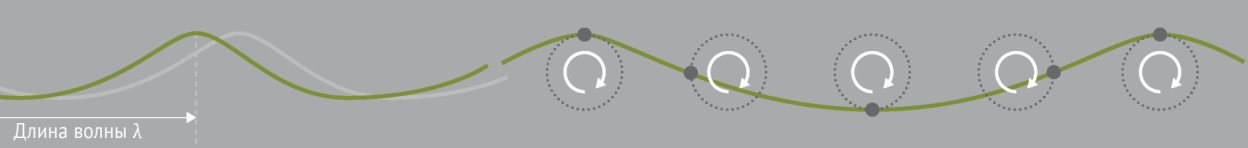
Каким образом скользят вагоны с линейными двигателями? 94
Как измеряется скорость и высота самолёта? 96
Зачем к краю основного крыла самолёта прикреплена вертикальная пластина? 99
Как появляется подъёмная сила у самолёта? 102
Что является «движущей силой» пропеллеров, дронов и ракет? 104
Как устроены 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



Глава 1

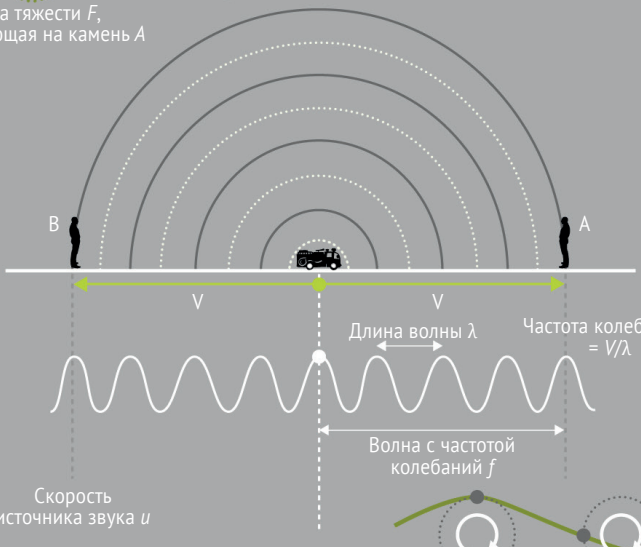
Жизнь и физика



Сила тяжести F, действующая на камень A

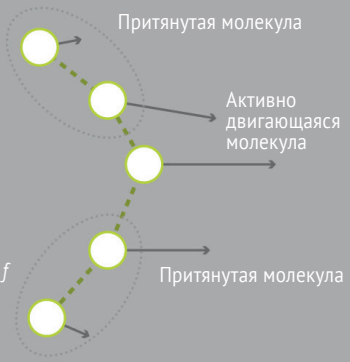


Сила тяжести F, действующая на камень A











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 дает наименьшую площадь поверхности.

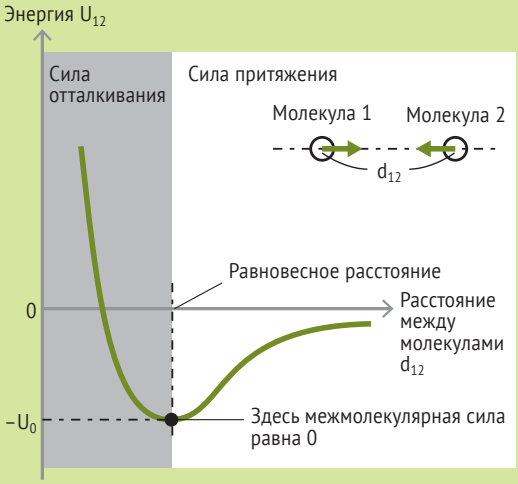
В твёрдых телах молекулы не могут двигаться свободно. Вместо этого они прикрепляются к поверхности соседних молекул, и их энергия снижается. Молекулы притягиваются, чтобы уменьшить поверхность самого тела, и это явление называется **поверхностным натяжением твёрдых тел** γ_{SV}.

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.

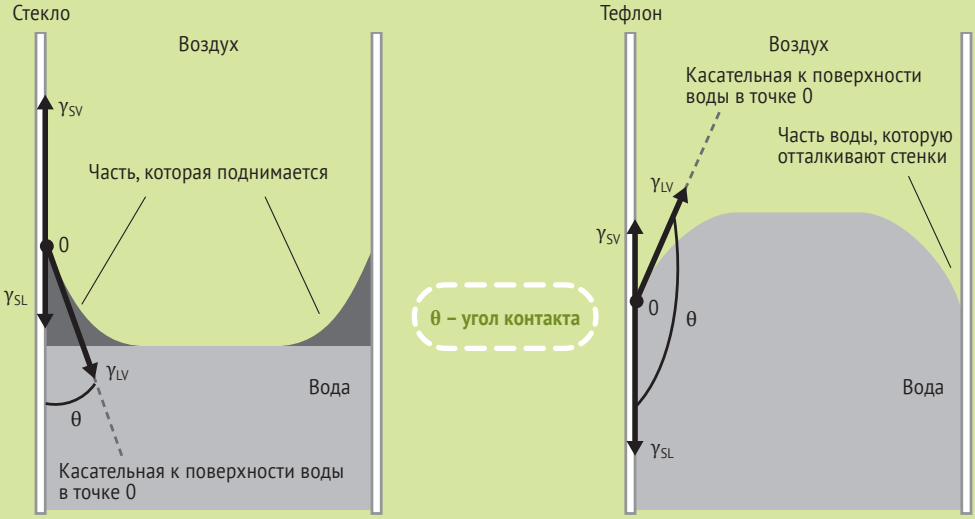
Что же случится, если сделать стакан из водоотталкивающего материала, например тефлона?

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})

(a) В стеклянном стакане вода поднимается по стенкам

(b) 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 0 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.

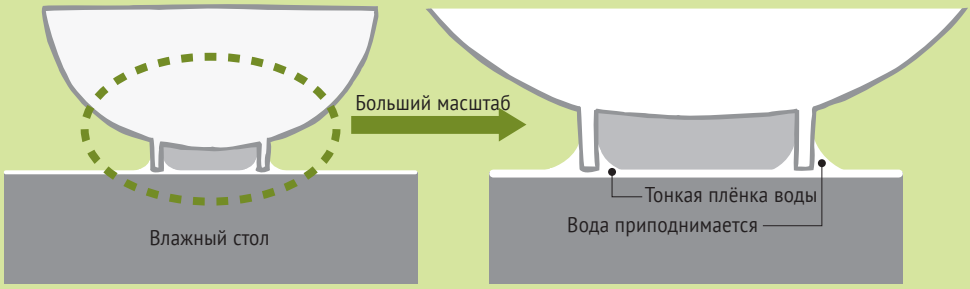
Миска для мисо-супа имеет цилиндрическую подставку. Когда мы ставим такую миску на влажный стол, то под влиянием силы поверхностного натяжения вода заполняет крошечное пространство между этой подставкой и столом. Вода служит в качестве смазочного материала, уменьшающего силу трения, и вместе с тем сцепляет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

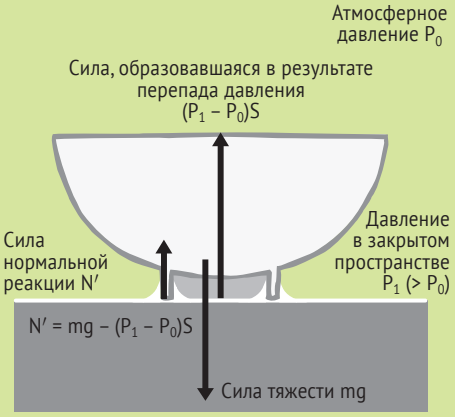
Поэтому сила, с которой соприкасаются подставка миски и поверхность стола, заметно ослабевает, и трение между столом и подставкой становится крайне малым. И если, например, стол немного наклонён, то в действие вступает сила тяжести, и миска плавно скользит вниз.

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



Сила давления подставки миски на стол становится крайне малой, поэтому миска легко скользит

Закон Бойля–Мариотта и Шарля

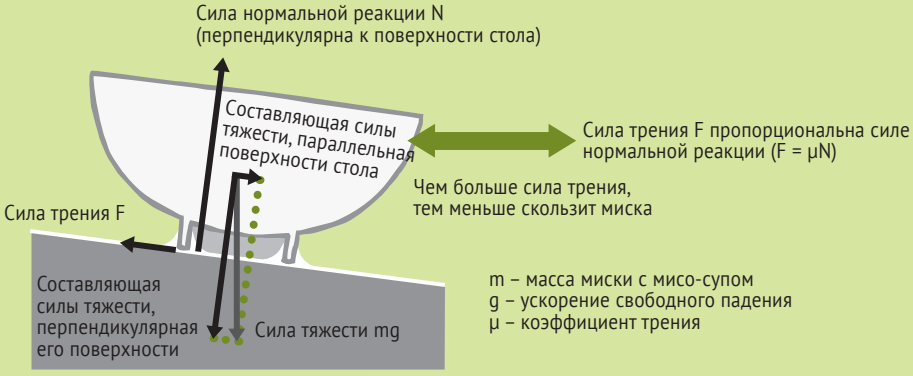
$$PV = Nk_BT$$

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



m – масса миски с мисо-супом
g – ускорение свободного падения
μ – коэффициент трения

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.

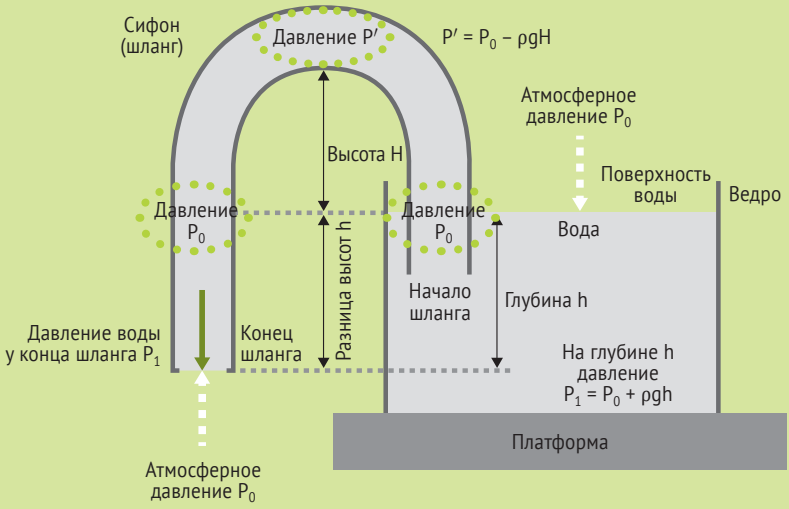
Это происходит из-за разницы между давлением воздуха (атмосферным давлением P_0) и давлением воды у конца шланга.

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.

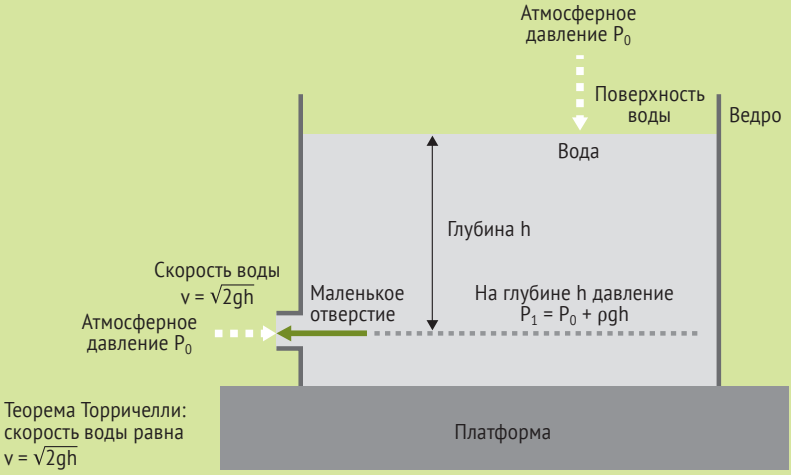
Однако вода у конца шланга испытывает давление воды сверху (в верхней части сифона), и в результате её давление P_1 становится выше атмосферного. Разница между ним и атмосферным давлением $P_1 - P_0$ пропорциональна разнице между давлением на поверхности воды в ведре и у конца шланга. Давление P_1 пытается 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 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.

