

## Опыты с пластиковыми бутылками

Удобная и практичная пластиковая бутылка в умелых руках может превратиться во множество полезных предметов: воронку, совок, футляр, умывальник, термос, кормушку для птиц, плот, спасжилет и др. Она оказалась также весьма эффективным средством для проведения ряда простых и наглядных физических опытов.

Простота механической и термической обработки бутылок позволяет делать из них нужные предметы быстро и без специальных инструментов, а их доступность, многообразие форм, размеров и расцветок дают простор для экспериментального творчества.

Предлагаем несколько простых опытов с пластиковыми бутылками.

**Тепловой фонтан.** В опыте демонстрируется струя воды, фонтанирующая из бутылки при нагревании находящегося в ней воздуха (рис. 1).

Соплом фонтана служит трубка, например выработанный пишущий стержень шариковой ручки, вставленная в просверленное в бутылочной крышке отверстие. (Стык стержня и крышки для герметичности надо промазать пластилином.) На стержень надевают кусок мягкой трубки, которая должна плотно облегать его. В бутылку на треть ее объема наливают прохладную воду и плотно закручивают крышку. Свободный конец трубки должен находиться под водой и располагаться у дна бутылки.

Для получения фонтана бутылку обливают горячей водой (но не крутым кипятком). Воздух в бутылке при этом быстро прогревается, и его давление растет. Избыточным давлением вода из бутылки выбрасывается через сопло наружу в виде фонтана высотой до полутора метров.

**Реакция струи.** Этот опыт демонстрирует вращение бутылки под действием реакции вытекающих из нее водяных струй (рис. 2).

Дно бутылки должно быть рельефным, с симметричными выступами. Обычно число этих выступов равно пяти, хотя встречаются бутылки и с четырьмя, и с шестью выступами (чем больше выступов — тем лучше для опыта).

В каждом из выступов с помощью шила делают по одному отверстию. (Кончик шила предварительно надо нагреть на пламени, чтобы края отверстий получились гладко оплавленными.) Все отверстия должны располагаться по одну сторону выступов, чтобы вода из них вытекала горизонтально и в одном направлении, например по ходу часовой стрелки.

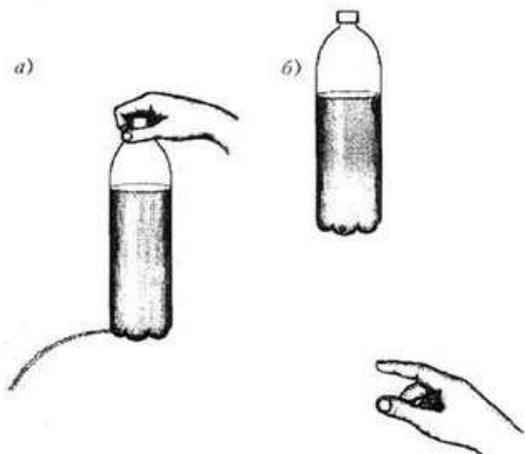
Отверстие делают также и в центре крышки, в которое продевают тонкую леску. С внутренней стороны крышки на леске завязывают узелок, а к другому концу лески привязывают колечко, за которое удерживают конструкцию во время опыта. (В качестве такого колечка удобно использовать ободок, остающийся на горлышке бутылки после ее раскупоривания.)

Перед проведением опыта бутылку заполняют водой, закрывают крышкой, снабженной колечком и леской, и помещают в ведро, также заполненное водой. Для демонстрации опыта бутылку вынимают из ведра, чуть приоткрывают крышку,

давая воздуху возможность проникнуть внутрь бутылки, и оставляют в подвешенном состоянии, удерживая за колечко. С момента появления из бутылки струй она начнет быстро вращаться вокруг своей продольной оси. Вытекающие при этом струи образуют красивый водяной купол.

**Невесомость и перегрузка.** Тело, лишенное в земных условиях своей опоры или подвеса, пребывает в невесомости. Поэтому любому падающему телу свойственно это состояние. Напомним, что невесомость — это состояние тела, при котором отсутствует взаимное давление составляющих его частиц друг на друга.

В литературе описано немало хитроумных

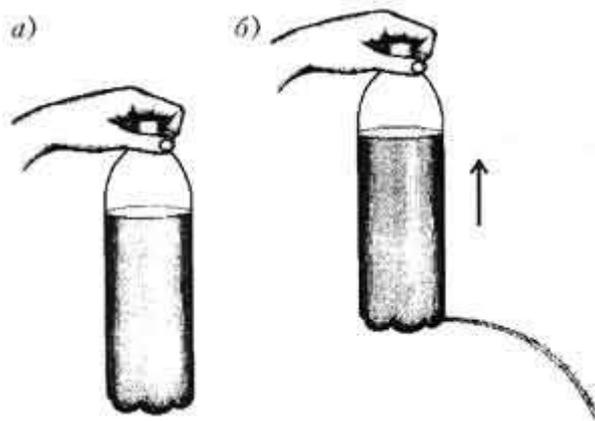


конструкций для наблюдения этого состояния, содержащих комбинации пружинок, грузиков и элементов электрических цепей. Предлагаемый способ демонстрации невесомости с помощью бутылки и воды прост, надежен и убедителен.

В боку пластиковой бутылки близ ее дна делают отверстие диаметром 3-4 миллиметра. Бутылку заполняют водой и закрывают крышкой. При плотно завернутой крышке вода из отверстия вытекать не должна. Затем крышку чуть отвинчивают, давая воздуху возможность проникнуть под нее. При этом из отверстия потечет струйка воды (рис. 3,а).

Удерживая бутылку за горлышко, подбрасывают ее вверх на полтора-два метра так, чтобы в полете она не кувыркалась и оставалась в вертикальном положении. Тогда хорошо видно, что все то время, пока бутылка летит, находясь в состоянии невесомости, вода из нее не вытекает (рис.3, б).

Прекращение истечения воды из бутылки во время свободного полета можно объяснить так. Пока бутылка покоится в руках, на придонный слой воды давит тяжесть расположенного над ним водяного столба. Это давление и выталкивает воду наружу (через отверстие) в виде струи. При свободном полете бутылки вверх вода не давит на дно, посколькудвигающаяся вверх вода как бы стремится оторваться от него. А во второй половине полета, т.е. собственно на участке свободного падения, уже дно, проваливаясь вниз, «избегает» воздействия находящейся над ним воды.



**Явление, противоположное невесомости, — перегрузка.** Тело испытывает состояние перегрузки, когда обстоятельства вызывают повышенное взаимное давление его частиц друг на друга. Продемонстрировать перегрузку даже проще, чем невесомость.

Ту же самую бутылку с отверстием у дна заполняют водой, причем крышку на ней в этом случае плотно завинчивают, исключив проникновение наружного воздуха внутрь. При удерживании бутылки за крышку в неподвижном состоянии вода из отверстия вытекать не должна (рис. 4,а). (Если вода все же вытекает, а пузырьки

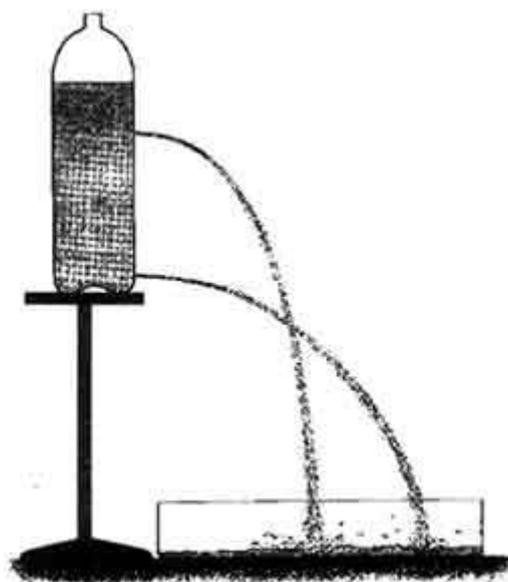
воздуха через то же отверстие одновременно проникают внутрь, то эту бутылку надо заменить на другую, с меньшим отверстием.) Из неподвижной бутылки вода не течет потому, что гидростатическое давление на уровне отверстия уравновешено наружным атмосферным давлением.

Затем, удерживая бутылку за крышку, надо резко поднять ее вверх. Во время подъема из отверстия появляется струя, причем течет она тем сильнее, чем с большим ускорением осуществляется подъем (рис. 4,б). Зафиксировав бутылку в верхнем положении, затем ее плавно опускают вниз, в исходное состояние. В конце этого движения струя появляется вновь.

**Истечение струи.** В 1641 году итальянский физик и математик Эванджелеста Торричелли установил, что скорость истечения из отверстия в открытом сосуде для всех жидкостей в одинаковых условиях одинакова. Ее величина зависит от высоты уровня жидкости в сосуде, отсчитанной от центра отверстия.

Это в точности выполняется лишь для идеальной жидкости. В реальности же скорость истечения несколько меньше и существенно зависит от контура и размера отверстия, от вязкости жидкости и величины ее расхода.

Чтобы различие скоростей истечения в начале и в конце опыта было заметным, нужно сделать



начальную высоту всего столба жидкости достаточно большой. Поэтому и бутылку для проведения опыта надо использовать высокую.

В боковой стенке этой бутылки, вблизи ее дна, протыкают раскаленным на пламени гвоздем отверстие диаметром 2-3 мм. Над этим отверстием на расстоянии 10-15 см от него делают второе такое же отверстие. Еще потребуются невысокий, но широкий сосуд, куда будет сливаться вода (это может быть тазик), и подставка под бутылку высотой около полуметра (например, табуретка). До начала демонстрации бутылка с водой должна находиться в заполненном водой ведре.

С момента водружения бутылки на подставку из ее боковых отверстий вытекают две струи, которые, плавно изгибаясь под действием силы тяжести, стекают в широкий сосуд, причем падают они туда на разных удалениях от бутылки (рис. 5). Поскольку высота водяного столба над нижним отверстием больше, чем над верхним, скорость истечения воды из нижнего отверстия больше. Поэтому нижняя струя и удаляется на большее расстояние.

С течением времени высота водяного столба в бутылке постепенно уменьшается, соответственно уменьшаются скорость истечения каждой струи и расстояние до места падения.

#### Прибор для демонстрации давления жидкости на стенки сосуда

Исходные объекты: пластмассовая бутылка вместимостью 1,5 дм<sup>3</sup>, шило.

Порядок изготовления прибора — на рис. 4.

#### Катушка для определения температурного коэффициента электрического сопротивления

Исходные объекты и материалы: самодельный калориметр, медный провод диаметром 0,25 мм, два отрезка гибкого провода в хлорвиниловой изоляции, клеммы — 2 шт., изоляционная лента, паяльник.

Порядок изготовления прибора:

Указание к демонстрации: налить в банку горячей воды и наблюдать, какая фигурка упадет первой, второй, третьей.

Порядок изготовления прибора (на рис.7):

проволоку изогнуть в виде буквы "Г";

укрепить их с внешней стороны банки при помощи резиновых колец;

подвесить к горизонтальным частям проволочных отрезков (посредством расплавленного парафина или свечи) бумажных человечков.

на внутренний сосуд калориметра намотать 250—300 витков медного провода;

закрепить намотку изоляционной лентой;

к концам намотки припаять гибкие проводники;

свободные концы проводников зажать в клеммах.

В готовом виде прибор показан на рис. 8.

#### Прибор, иллюстрирующий действие клапана в насосе и умывальнике

Исходные объекты: пластмассовая конусообразная бутылка из-под приправы "Кетчуп", металлический шарик на стержне (например, от электрофорной машины или электроскопа), штатив с муфтой и лапкой (для крепления).

Порядок изготовления прибора — на рис. 5.

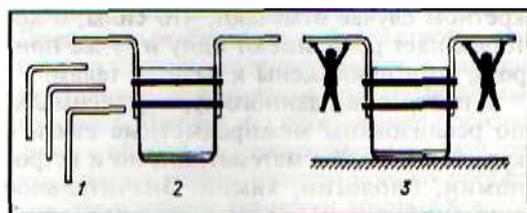
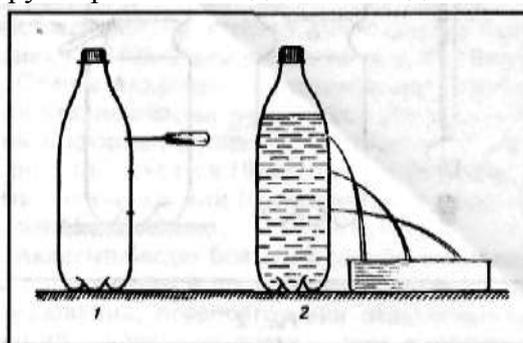


Рис. 7

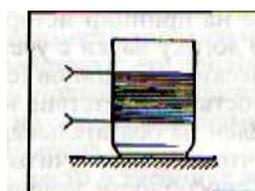
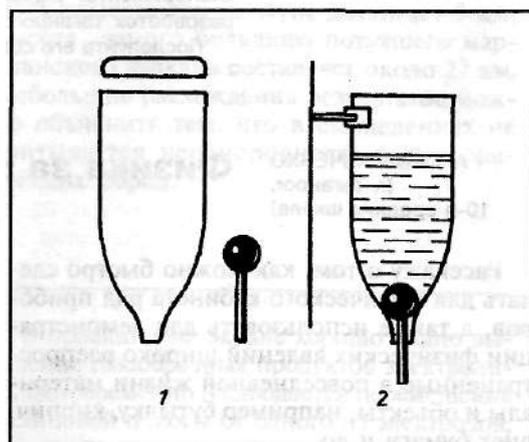


Рис. 8



### Калориметр

Исходные объекты: пустая банка из алюминиевой фольги от напитка типа "Фанта", пластмассовая конусообразная бутылка из-под "Кетчупа" на 0,5 дм<sup>3</sup>.

Порядок изготовления прибора — на рис. 6.

