

## Бутылка с газированной водой

Сейчас выпускается и продается множество прохладительных напитков, в том числе и так называемые «сильногазированные». Они продаются в пластиковых бутылках, которые выдерживают большое давление. Интересной особенностью таких напитков является их способность восстанавливать давление в бутылке после того, как бутылку открыли, немного напитка применили по назначению, а затем вновь закрыли крышку. Меня давно интересовал вопрос: а каково давление внутри бутылки?

Многие, наверное, замечали, что при аккуратном открывании бутылки с такими напитками (и с шампанским вином тоже) из неё выходит немного газа, а газовые пузырьки в жидкости если и образуются, то суммарный объем их невелик. Это обстоятельство можно использовать.

В бутылку с газированной водой сразу после её открывания была аккуратно помещена закрытая сверху трубка постоянного сечения. На корпусе трубки были заранее нанесены деления. Для наглядности (чтобы деления были видны на фотографии) была выбрана трубка «солидных» размеров, хотя для проведения такого эксперимента можно, например, использовать стержень от шариковой авторучки (после того как в нем закончатся чернила :-). Первоначально в трубке находился только воздух. Подъем давления в бутылке приводит к сжатию воздуха, и трубка частично заполняется жидкостью.



На приведенной фотографии видно, что большая часть объема (57%) закрытой сверху трубки заполнилась жидкостью. Трубка плавает в жидкости, не касаясь дна и пробки бутылки. По сжатию воздуха в трубке можно было бы вычислить его давление, однако и углекислый газ попадает внутрь трубки! Заполненная газом часть трубки содержит и воздух, и водяные пары, и углекислый газ. Как разделить вклады разных газов? Если про воду можно сразу сказать, что вклад её паров в общее давление весьма мал, то про воздух и углекислый газ этого не скажешь.

Для решения проблемы потребовался одноразовый шприц с емкостью 5 мл. Если отрезать ножницами «приливы» пластика на корпусе, то шприц проходит через горлышко внутрь бутылки. Отверстие для выхода жидкости из шприца закрывается. Это сделать можно, например, комочком жвачки. Пустой шприц помещается в бутылку с газированной водой после её открывания, и пробка бутылки возвращается на прежнее место. В этом случае воздух отделен поршнем шприца от углекислого газа. После установления равновесия в бутылке воздух вместо начального объема 5 мл стал занимать объем 1 мл. В бутылке, следовательно, давление поднялось до 5 атмосфер!

Вернемся к первому эксперименту. Парциальное давление воздуха в трубке поднялось только в  $(1/0,43 \approx 2,3)$  раза. Остальные 2,7 атмосферы создает внутри трубки углекислый газ. Поскольку в верхней части бутылки вблизи её горлышка тоже содержится воздух и углекислый газ, и давления газов в бутылке и в трубке практически одинаковы, то можно предположить, что и в верхней части бутылки такое же соотношение парциальных давлений углекислого газа и воздуха.

Состояния газов в разных частях бутылки и трубки могут быть далеки от равновесных. Можно, например, с гарантией избавиться от воздуха в верхней части бутылки при ее очередном закрывании. Для этого нужно сжать пальцами стенки бутылки, и, закрыть пробку, когда в верхней части бутылки не будет газа. Давление в бутылке после её закрывания вновь быстро поднимется. В этом случае воздух из трубки будет медленно диффундировать через жидкость и, в конце концов, только через большое время в сосуде установится равновесие.

Такого рода эксперименты требуют не только времени, но и твердого характера экспериментатора. – Попробуйте летом после приобретения прохладительного напитка не пить его, а проводить эксперимент, который, может быть, закончится только зимой!

С. Варламов

14 июня 2004 г.