

ЗАБОР ДЛЯ СИФОНА

Хочу сказать спасибо гравитации! Если бы не она, я бы не сидел за письменным столом и не писал бы этот рассказ.

Жил-был американский физик-экспериментатор Роберт Вильямс Вуд...

Но героем истории, о которой мы хотим рассказать, он стал раньше, ещё будучи любопытным и озорным мальчуганом.

Однажды во дворе его школы после дождя образовалась восхитительная лужа. Вокруг неё было возвышение, поэтому, когда дворник дядя Смит пытался расправиться с ней с помощью метлы, то вода упрямо стекала обратно. И это понятно, ведь вода в гору не течёт (разве что под постоянным принуждением насоса или благодаря капиллярному эффекту). Но тут за дело взялся юный Роб. После уроков в присутствии своих одноклассников он эффектно расправился с «непобедимой» лужей, чем заслужил почтение товарищей. Вероятно, эта проделка стала первой публичной научной победой будущего учёного.

Откуда мы это знаем? Читали его воспоминания (в книге В. Сибрук «Роберт Вильямс Вуд. Современный чародей физической лаборатории»), что и вам советуем. Но это потом, а сейчас попробуйте предположить: «Как мальчик смог победить лужу и что так удивило одноклассников?»

– Испарил!..

– Заморозил!..

– Засыпал песком!..

– Неужели выпил?.. – буйная фантазия не знает границ, но всякий раз спотыкается при проверке на реальность.

На самом деле Роб использовал водяной сифон. Он *«положил шланг на землю, велел одному из мальчиков заткнуть конец пальцем, а сам начал наливать воду в другой, пока весь шланг не наполнился. Уже тогда, по природе своей – демонстратор, Роб взял этот конец и вместо того, чтобы положить его на землю, перекинул через высокий забор, который отделял дорогу от канавы. Вода потекла через сифон»*. Без всяких насосов устремилась в «гору», хоть и считается, что «умный в гору не пойдёт...»

Эксперимент настолько прост и эффектен, что его надо обязательно повторить.

На демонстрационном столе – сосуд «лужа» с подкрашенной водой, второй сосуд «канавка» выставляется ниже на стул. Гибкий шланг приготовлен заранее: полностью заполнен водой, а концы его закрыты резиновыми пробками. Двое участников действия опускают концы шланга в ёмкости, а третий, играющий роль забора, удерживает середину шланга над головой. Пробки вытаскиваются, и вода начинает своё путешествие из «лужи» через «забор» в «канавку». Первую часть своего пути жидкость течёт в «гору»! Но как только конец шланга приподнимется над уровнем жидкости «в луже» и в него попадёт воздух, перетекание прекращается.

Подобным образом, с помощью сифона, обычно переливают жидкость из сосуда, который нежелательно переворачивать (аквариум, бочка с вином, бензобак машины).

Некоторые считают, что гонит жидкость в «гору» атмосферное давление. Ошибочное мнение!



Давайте создадим модель процесса: перекинем через гладкий горизонтальный стержень (или неподвижный блок), металлическую цепочку так, чтобы её концы, по обе стороны имели одинаковую длину.

– Будет ли она перетекать?

– Нет.

– А если изменится атмосферное давление?

– Тоже нет.

– А если с одной стороны часть цепочки будет длиннее?

– Придёт в движение.

То же самое происходит и внутри шланга по разные стороны от сифонного перегиба – перетягивает более длинная и тяжёлая часть.

Спасибо гравитации! Работа сифона определяется тяготением, необходима лишь разница уровней, на которых находятся «лужа» и «канавка».

Как по этому поводу не показать «квазисифон» – ту же по сути, но более красивую демонстрация, в котором цепочка-«жидкость» со звуком перетекает из верхней кружки в нижнюю.

Пришло время задать главный вопрос, ради которого и затевалась вся эта история: «Какой максимальной высоты может быть «забор» для работающего сифона?»

Предлагаем возможные варианты ответов:

а) который трудно перепрыгнуть;

б) 10,3 м.;

в) до верхней границы атмосферы;

г) до верхней границы гравитационного поля;

д) любой высоты.

Некоторые из них полнейшая чушь (поле тяготения нигде не заканчивается), другие подкупают конкретикой (10,3 м. – высота водяного столба, давление которого примерно равно атмосферному), оставшиеся – вызывают сомнения и дополнительные вопросы. Нет, так не пойдёт. Сначала надо понять, чем может быть ограничена искомая высота.

– Отсутствием шланга нужной длины?

– Нехваткой строительных материалов для постройки забора?

– Ограниченностью запасов воды для сифона?

– Возможностью подъёма сифона на нужную высоту?

Помощь приходит в виде дополнительного вопроса: «Как высоко можно поднять за один из концов над землёй бесконечную цепочку?»

Оказывается, всё дело в пределе прочности верхнего звена. Подъём происходит до тех пор, пока цепочка не разрывается под собственной тяжестью.

А ведь то же справедливо и для водяной цепочки – высота забора определяется пределом прочности на разрыв её верхнего «звена». Сифон работает, пока его цепочка цела.

Разрыв водяной цепочки произойдёт в верхней точке сифона, где давление жидкости будет определяться законом $p = p_0 - \rho gh$. Давление там будет меньше атмосферного (p_0) на величину гидростатического давления водяного столба (ρgh).

Физически разрыв воды означает её закипание с образованием области насыщенного пара, а это происходит при понижении давления в жидкости до величины давления её насыщенных паров при данной температуре.

Сказано мудрёно, но точно.



В подтверждение – качественный эксперимент с медицинским шприцем (20 мл.) без иглы, который может проделать каждый желающий. Вода комнатной температуры в закрытом пальцем шприце (без воздуха) закипает при оттягивании поршня вниз.

Вот вам и разрыв, вот и условие для критической высоты «забора»!

Какой же вариант ответа, из приведённых ранее, верен?

Вода закипает и разрывается при высоте водяного столбика $h \approx 5-7$ м. Ближе всего к истине вариант с забором, «который трудно перепрыгнуть». Высота такого забора соответствует мировому рекорду по прыжкам в высоту с шестом для закрытых помещений. Так в 1993 г советский спортсмен Сергей Бубка сумел преодолеть «забор» в 6 м. 15 см. И лишь 20 лет спустя мировой рекорд был превзойдён на 1 см. французским спортсменом Рено Лавиллени.

Один из факторов, от которых зависит максимальная «высота забора» – это насыщенность воды воздухом, ведь пузырьки воздуха играют роль центров парообразования. Отсюда и приблизительность ответа.

Осталось только заметить о роли атмосферного давления в работе сифона, оно всего лишь помогает водяной цепочке не разорваться ниже критической высоты (h).



26.02.17.