

Фонтан Герона

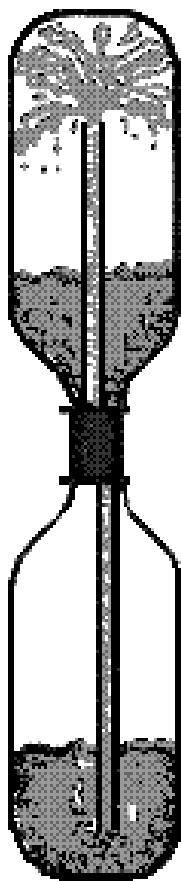
Амосова Вероника

Петрозаводск

Формулировка задачи

Постройте фонтан Герона и объясните, как он работает. Изучите явление и установите, какие параметры влияют на высоту струи воды.

Актуальность использования фонтана



- Хорошо известно, что давление на всех горизонтальных уровнях одинаково внутри сообщающихся сосудов. Этот принцип лежит в основе действия самотечного фонтана. Если фонтан не самотечный, нужен насос, чтобы создавать разность давлений для поддержания работы.
- Фонтан Герона может работать без насоса и может считаться одним из лучших демонстраций свойств жидкостей

Устройство фонтана

Фонтан Герона - пневматический аппарат, в котором создается вертикальная струя воды, поддерживаемая давлением воздуха.

Фонтан состоит из трех частей: чаша и 2 сосуда, находящихся на разной высоте: верхний наполнен водой, а нижний - пустой. Части соединены гибкими шлангами.



Принцип работы

В основу работы фонтана Герона положен принцип гидропневматики – работу по выталкиванию воды вверх струей производит воздух и сама жидкость.

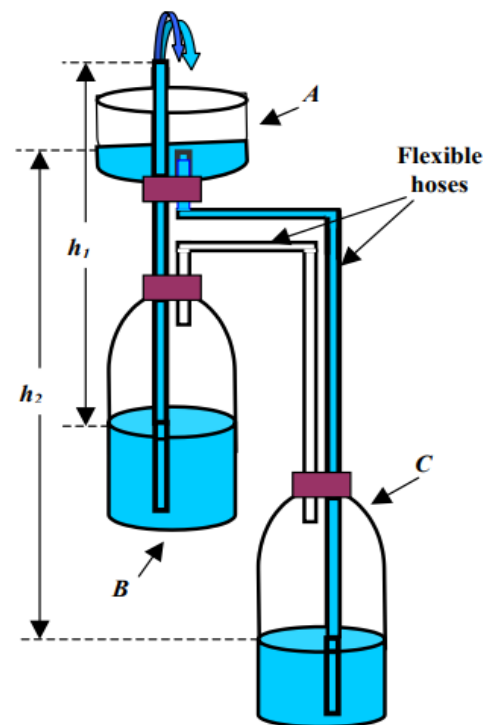
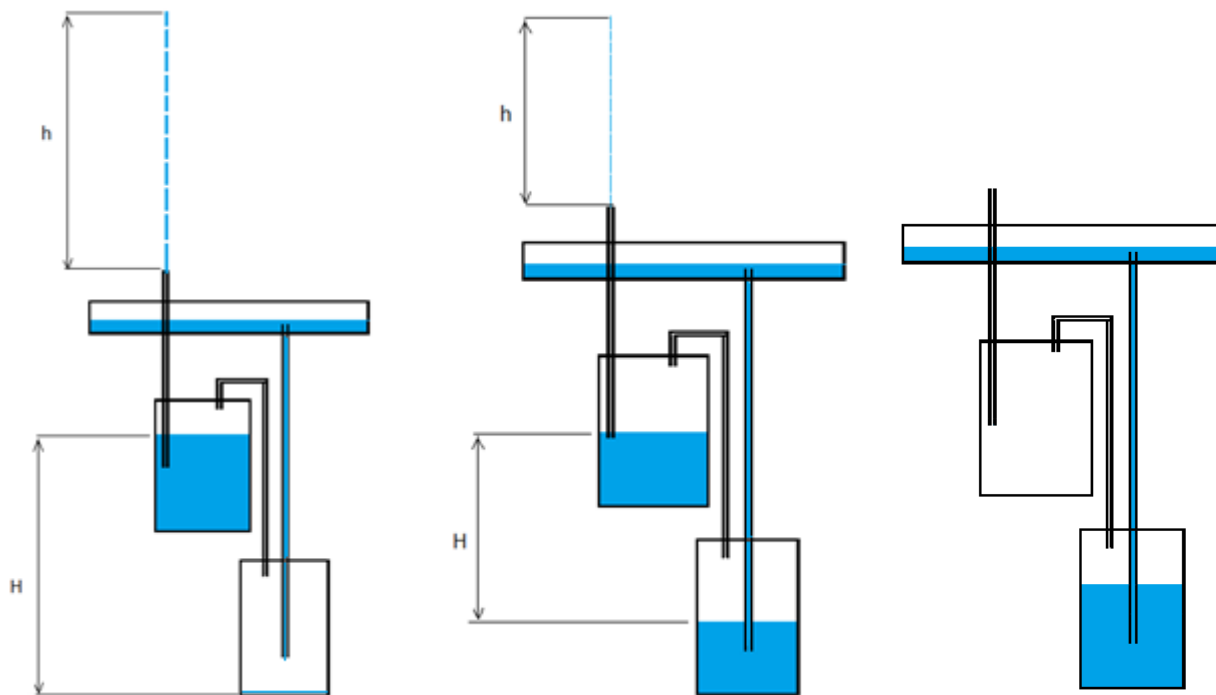


Fig. 2. Schematic presentation for the Hero's Fountain

Теоретическая высота фонтана

Если пренебречь трением воды о стенки сосуда, разницей уровней поверхностей воды в верхнем и нижнем сосудах будет равна высоте воды в фонтане ($H=h$).

Постепенно вода из верхнего сосуда перельется в нижний. При этом разница уровней воды будет равна 0, и фонтан прекратит работу.



Демонстрация закона Бернулли

Уравнение Бернулли:

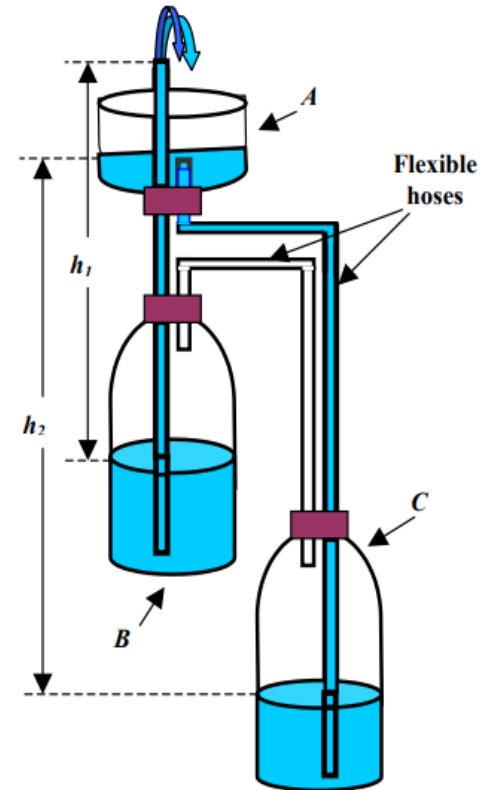
$$p + \rho gh + \frac{\rho v^2}{2} = \text{const}$$

Применим закон Бернулли для воды в чаше и струи воды из горлышка. Давление воды на уровне чаши и горлышка соответственно равны ρgh_2 и ρgh_1 , а кинетические энергии соответственно 0 и $\frac{\rho v^2}{2}$.

$$p_{\text{атм}} + \frac{\rho v^2}{2} + \rho gh_1 = p_{\text{атм}} + \rho gh_2$$

Скорость струи воды из горлышка фонтана:

$$v = \sqrt{2g(h_2 - h_1)} = \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}$$



Демонстрация закона Бернулли

В уравнении предполагается, что воздух несжимаем и трением можно пренебречь. Реальное значение скорости воды меньше, чем то, которое дает формула. Предполагая, что жидкость идеальна, двигая нижний сосуд вверх и вниз можно изменить значение давления ΔP и в результате скорость воды из горлышка изменится. Когда давление ΔP растёт, увеличивается и скорость воды и вода поднимается выше. Если нижний сосуд опускать дальше, тогда гидростатическое давление в нем увеличится в сосуде, и, следовательно, увеличится и в верхнем сосуде, заставляя струю фонтана подниматься выше. Наоборот, если нижний сосуд поднимать близко к верхнему сосуду, гидростатическое давление уменьшается, и струя фонтана уменьшается.

Демонстрация закона сохранения энергии

Можно представить фонтан Герона с точки зрения потенциальной и кинетической энергии. В начале работы вода обладает наименьшей потенциальной энергией в нижнем сосуде. Вода в верхнем сосуде статична. Она не начинает двигаться пока мы не активируем фонтан, добавляя потенциальную энергию системе при добавлении воды в чашу. Это энергия активации системы. Когда чаша и шланги полные, потенциальная энергия между верхним и нижним уровнями воды в сосудах обуславливает скорость капель, движущихся вверх. В горлышке кинетическая энергия воды наибольшая. Потенциальная энергия наибольшая в наивысшей точке струи.

Что влияет на работу фонтана

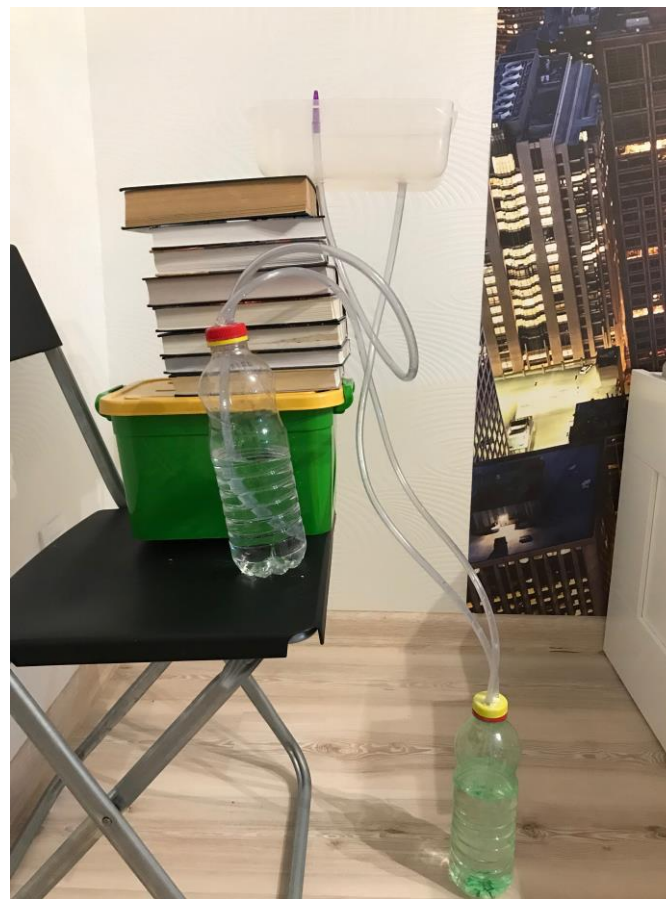
При конструировании фонтана Герона нужно учесть важные факты:

1. Для создания разности давлений в системе требуется полная герметичность всех составных частей фонтана, иначе воздух будет выходить из системы, что приведет к значительным потерям в давлении.
2. Воду следует наливать в чашу, а не в саму трубку для того, чтобы вода под действием тяжести достигла большой скорости и создала нужное давление.
3. Не следует брать трубки малого диаметра, так как при маленьком диаметре не будет достигаться достаточная скорость струи для создания давления, которое нужно для работы фонтана, а также могут образовываться воздушные пробки.

Создание фонтана Герона

Для создания фонтана понадобились следующие материалы:

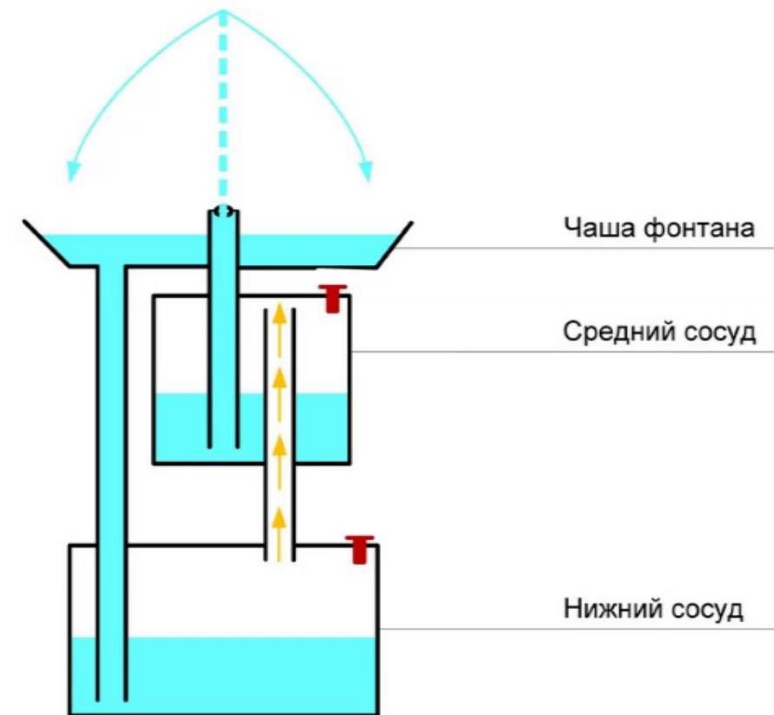
- Трубки диаметром 9 мм
- Пластиковый контейнер
- 2 пластиковые бутылки объемом 1 литр
- Паяльник
- Герметик



Создание фонтана Герона

Конструирование фонтана

1. С помощью паяльника проделать по 2 отверстия на крышках бутылок и дне контейнера так, чтобы их диаметр был равен диаметру трубки
2. Разрезать трубку на 3 части
3. Закрепить получившиеся трубки в бутылках и контейнере, как показано на схеме
4. Загерметизировать отверстия



Зависимость высоты струи от разности уровней воды

$$x_{\text{среднее}} = \frac{\sum x_i}{n(x_i)}$$

$$y_{\text{среднее}} = \frac{\sum y_i}{n(y_i)}$$

$$b = \frac{n * \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i * \sum_{i=1}^n y_i}{n * \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}$$

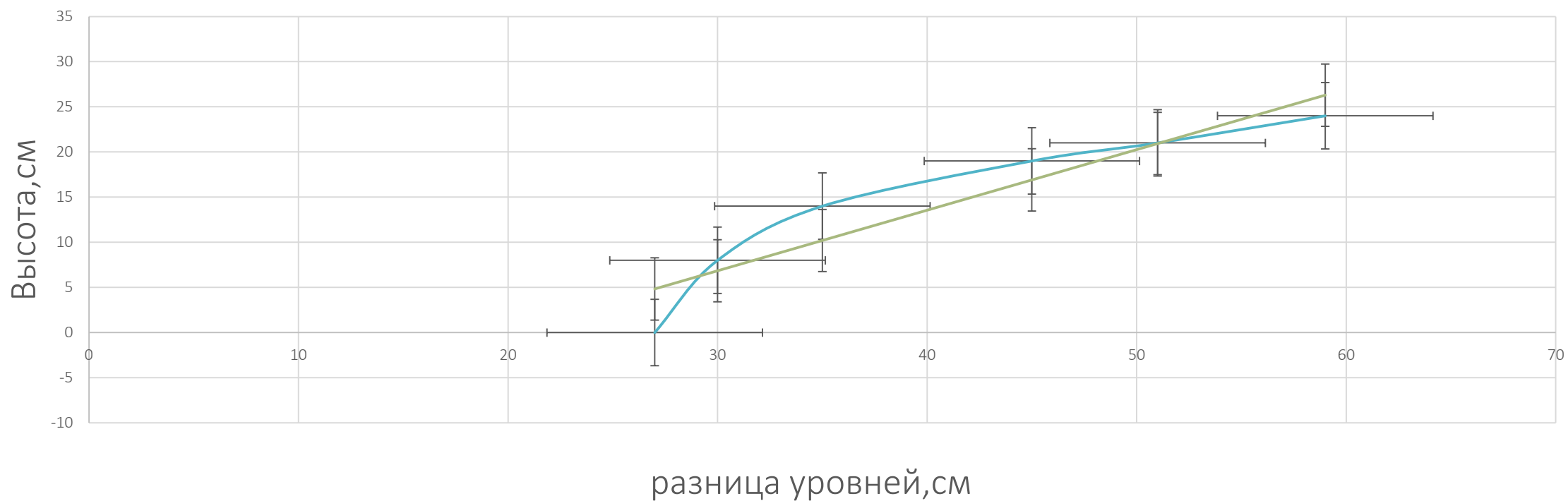
$$a = x_{\text{среднее}} - b * y_{\text{среднее}}$$

$$y_1 = a + b * x$$

разность уровней	фактическое значение высоты	значение высоты, полученное методом наименьших квадратов (y1)
27	0	4,833257
30	8	6,84503
35	14	10,197985
45	19	16,903895
51	21	20,927441
59	24	26,292169

x среднее	41,16666667
y среднее	14,33333333
b	0,670590708
a	-13,27265083

График



— фактическое значение высоты

— значение высоты, полученное методом наименьших квадратов (y1)

Вывод

В данной работе я исследовала устройство и принцип действия фонтана Герона. Работа данного прибора основывается на принципе гидропневматики: создается избыточное давление, которое выталкивает жидкость и заставляет устройство работать.

Также определила параметры, влияющие на высоту струи:

- Разность уровней жидкости
- Температура
- Диаметр трубок

Список литературы

- The pneumatics of Hero of Alexandria from the original Greek translated and edited by Bennet Woodcroft
- Henry T. Brown "507 Mechanical Movements, Mechanisms and Devices"
- Roman Ya. Kezerashvili and Alexander Sapozhnikov «Magic Fountain»
- Paul Keyser «New Look at Heron's «Steam Engine»
- <http://101dizain.ru/vodoem/fontan/fontan-bez-nasosa.html>
- <http://www.wundersamessammelsurium.info/heron/fontaene/index.html>
- <http://www.domechti.ru/fontan-gerona>
- <https://www.youtube.com/watch?v=SybymZj-bMY>
- https://www.youtube.com/watch?time_continue=1&v=fPY07S7Sn_I