

Условие

Задание 11-1. Сифон

Приборы и оборудование: мензурка 250 мл, пластиковая бутылка 0,5 л, линейка 40 см, тонкая стеклянная трубка, гибкий силиконовый шланг с зажимом и с деревянным стержнем, штатив с лапкой, секундомер с памятью этапов, стакан 500 мл, салфетка дезинфицирующая, салфетка бумажная.

Внимание!

1. Будьте предельно аккуратны в работе – не разбейте стеклянную трубку – вторая трубка выдаваться не будет!
2. Если Вы пролили воду на стол – протрите его бумажной салфеткой.
3. Вам будет необходимо брать конец шланга в рот, поэтому регулярно протирайте его конец дезинфицирующей салфеткой.
4. В данном задании требуется (и будет оцениваться) точность измерений, корректность проведения обработки результатов и, конечно, понимание физических законов, описывающих проводимые эксперименты.

Рекомендации по подготовке установки.

1. В пробке бутылки проделаны отверстия, в которые вставляются стеклянная трубка и гибкий шланг. Для закрепления шланга внутри бутылки в вертикальном положении используется деревянный стержень. Положения трубки и шланга внутри бутылки можно регулировать, Вам необходимо регулярно заполнять бутылку водой. Просим Вас не спешить и быть аккуратным (чтобы не разбить трубку): чтобы открутить пробку с трубками, держите ее одной рукой, а второй вращайте бутылку.
2. После того, как Вы налили в бутылку нужное количество воды, закрутите пробку, перекройте зажимом шланг и после этого закрепляйте бутылку в лапке штатива на нужной высоте. Чтобы вода начала выливаться, открой зажим шланга (*при необходимости можно продуть воздух в шланге*).
3. Все измерения объемов проводите только с помощью мензурки.
4. Измеряемые объемы вытекающей воды должны быть не менее 200 мл. При проведении временных измерений используйте все 10 этапов памяти секундомера.
4. К секундомеру прилагается Инструкция по его использованию, при необходимости обращайтесь к организаторам за помощью.

Математическая подсказка.

Если некоторая переменная величина $X(t)$ подчиняется уравнению

$$\frac{dX}{dt} = -aX, \quad (1)$$

где a - постоянный коэффициент, то зависимость этой величины от времени описывается функцией

$$X(t) = X_0 e^{-at} = X_0 \exp(-at), \quad (2)$$

где X_0 значение функции $X(t)$ при $t = 0$.

Физическая подсказка.

Расход жидкости (т.е. объем, который протекает через поперечное сечение трубки в единицу времени) пропорционален разности давлений на концах трубки (закон Пуазейля):

$$q = \frac{\Delta V}{\Delta t} = K (P_1 - P_2), \quad (3)$$

где K - коэффициент, зависящий от геометрических размеров трубки и вязкости протекающей жидкости. В данной работе давление измеряется в сантиметрах водяного столба (обозначайте $[P] = \text{см}$). Так как в данной работе используется одна трубка, а течет только вода, то этот коэффициент остается постоянным.

Объем жидкости измеряйте в миллилитрах (мл), все расстояния в сантиметрах (см).

Часть 1. Предварительные измерения.

1.1 Измерьте длину трубки l .

Для дальнейших расчетов удобно ввести цилиндрические параметры сосудов $b = \frac{\Delta z}{\Delta V}$, имеющих наглядный смысл: изменение объема уровня воды в сосуде Δz , при изменении объема на величину ΔV . Или – чему равна высота Δz столбика 1 мл воды в сосуде.

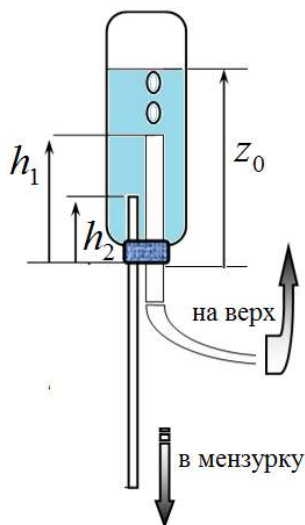
1.2 Проведите необходимые измерения и рассчитайте значения этих параметров: b_0 – для мензурки и b_1 – для бутылки. Укажите, какие величины вы непосредственно измеряли и по каким формулам рассчитали требуемые параметры.

Примечание. Измерять внутренние диаметры сосудов не рекомендуем.

Погрешности измерения этих трех величин рассчитывать не требуется, в дальнейших расчетах ими следует пренебрегать.

Используйте эти параметры, чтобы быстро оценивать, какой объем воды следует заливать в бутылку в каждом эксперименте.

Часть 2. Вытекание из бутылки.



В этой части вам необходимо исследовать вытекание воды из вертикально расположенной бутылки при различных расположениях трубки и шланга внутри бутылки. Во всех экспериментах свободный конец шланга прикрепляйте к верхней части штатива выше уровня воды в бутылке. Вода должна наливаться в мензурку, при этом нижний край трубки не должен касаться воды.

2.1 Расположите трубку и шланг внутри бутылки, как показано на рисунке. Все высоты измеряйте от нижнего края пробки.

В данном эксперименте используйте следующие значения:

высота уровня шланга $h_1 = 10,0$ см;

высота уровня трубки $h_2 = 1,0$ см;

Начальную высоту уровня жидкости z_0 подберите таким образом, чтобы в ходе вытекания 200 мл воды верхние концы шланга и трубки оставались в воде

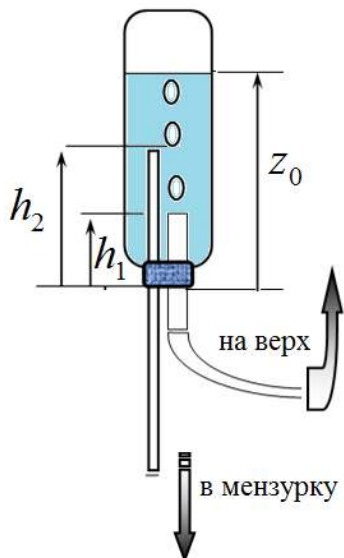
2.1.1 Укажите значение начального уровня воды в трубке z_0 .

2.1.2 Измерьте зависимость объема вытекшей воды от времени $V(t)$. Постройте график полученной зависимости. Укажите формулу, описывающую полученную зависимость. Найдите численные значения параметров этой формулы.

2.1.3 Предложите теоретическую формулу описывающую полученную зависимость $V(t)$.

2.1.4 Рассчитайте значения коэффициента K в формуле для данной трубки. Оцените его погрешность.

2.2 Измените положение трубки и шланга, как показано на следующем рисунке. Измерения



проводите при следующих значениях высот: $h_1 = 2,0\text{ см}$; $h_2 = 11,0\text{ см}$.

2.2.1 Укажите значение начального уровня воды в бутылке z_0 .

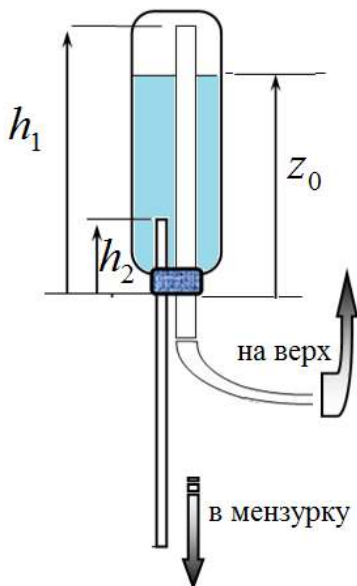
2.2.2 Измерьте зависимость объема вытекшей воды от времени $V(t)$. Постройте график полученной зависимости на том же бланке, что и в п. 2.1.2

2.2.3 Предложите теоретическую формулу описывающую полученную зависимость $V(t)$.

2.2.4 Рассчитайте значение коэффициента K в формуле для данной трубки. Оцените его погрешность.

2.2.5 Укажите, можно ли считать найденные значения K в (п.2.1.4 и 2.2.4) равными. Укажите, какое значение K Вы будете использовать в дальнейшем.

2.3 Еще раз измените положения трубки и шланга, как показано на следующем рисунке.



Верхний край шланга все время должен находиться в верхней части бутылки, заполненной воздухом.

Верхний уровень трубки установите на высоте $h_2 = 3,0\text{ см}$.

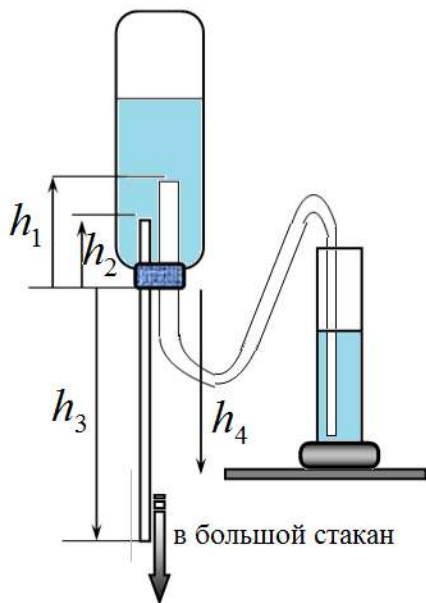
Начальную высоту уровня воды z_0 подберите такой, чтобы после вытекания 200 мл уровень воды совсем немного превышал уровень трубки.

2.3.1 Укажите значение начального уровня воды в бутылке z_0 .

2.3.2 Измерьте зависимость объема вытекшей воды от времени $V(t)$. Постройте график полученной зависимости. На отдельном бланке.

2.3.3 Рассчитайте на основании экспериментальных данных коэффициенты наклона (с погрешностями) сглаживающих прямых изменения объема на участках: а) от 0 до 100 мл; б) от 100 до 200 мл. Укажите, можно ли считать полученную зависимость нелинейной.

2.3.4 Рассчитайте по найденным в п. 2.3.3 коэффициентам наклона значения коэффициента K . Рассчитывать погрешности в данном пункте не требуется.



Часть 3. Всасывание.

Измените положение трубок внутри бутылки: $h_1 = 3,0$ см; $h_2 = 6,0$ см. Расположите штатив таким образом, чтобы нижний конец стеклянной трубки находился рядом с краем стола и ниже его. Вода из трубки должна выливаться в большой пластиковый стакан, который Вы расположите на полу. Свободный конец шланга опустите в мензурку, он должен находиться у дна мензурки, закрепите шланг к верхнему краю мензурки. Разность высот $h_3 - h_4$ установите в пределах от 8 до 9 см.

Налейте в бутылку примерно 300 мл воды. Мензурку полностью заполните водой. Если теперь полностью заполнить шланг водой (для этого надо подсосать ее через стеклянную трубку), то вода начнет переливаться из мензурки в бутылку, а затем в стакан на полу.

В данном задании Вам необходимо исследовать изменение объема воды в мензурке с течением времени $V(t)$. Этот объем измеряйте по шкале мензурки, учитывая объем погруженной части трубки не надо (подумайте на досуге, почему?). В начальный момент мензурка должна быть полностью заполнена.

Укажите в Листах ответов значения всех параметров установки h_1 , h_2 , h_3 , h_4 .

3.1 Измерьте зависимость объема воды в мензурке от времени $V(t)$. Постройте график полученной зависимости.

3.2 Выведите теоретическую формулу, описывающую зависимость объема от времени $V(t)$.

3.3 Постройте линеаризованный график полученной экспериментальной зависимости, т.е. найдите такую функцию $Y(V)$, чтобы ее зависимость от времени была линейной. Постройте график линеаризованной зависимости $Y(t)$. Результаты расчетов этих величин занесите в Таблицу п. 3.1.

3.4 Используя построенный линеаризованный график, найдите численное значение коэффициента K . Оценивать его погрешность не требуется.