

Внимание! Предел измерения массы с помощью весов: 300 г. При превышении этого предела весы могут выйти из строя! Давить на платформу весов руками запрещается!

Внимание! На ваших столах находится сосуд с водой, предназначенный для проверки герметичности установки. **Сосуд с водой не является частью оборудования!** Для проверки герметичности нужно создать внутри бутылки избыточное давление, закрыть зажим и опустить горлышко бутылки с пробкой и трубкой в сосуд с водой. Если из системы не выходят пузыри – ваша установка герметична.

После проверки герметичности протрите установку насухо! Заливать воду в бутылку, трубку и шприцы запрещается!

Внимание! В процессе работы в бутылке будет создаваться избыточное давление. Оно может выбивать пробку наружу. Чтобы этого избежать, нужно плотно вставлять пробку, вкручивая ее как обычную пробку с резьбой. Чтобы предотвратить вылетание пробки во время накачки, придерживайте ее в процессе накачки.

В задаче требуется оценка погрешностей.

Задание

1. При помощи шприца накачайте в бутылку 300 мл воздуха при атмосферном давлении. Используйте зажим на трубке для закрытия бутылки во время накачки. Измерьте избыточное по отношению к атмосферному давление внутри бутылки. Оцените погрешность измерений.
2. Определите плотность воздуха при атмосферном давлении. Оцените погрешность полученного результата.

Оборудование. Весы, бутылка стеклянная, проткнутая иглой пробка с трубкой и зажимом, шприц 60 мл, шприц 1 мл, линейка, бумажные салфетки для поддержания установки в сухом состоянии.

Решение

Накачаем в бутылку 300 мл воздуха с помощью шприца объемом 60 мл. Для этого после каждой закаченной порции воздуха будем пережимать трубку вблизи носика шприца. Тогда практически весь воздух из шприца будет оказываться в бутылке. В случае, если пережимать трубку вдалеке от носика шприца, часть воздуха будет оставаться в ближайшей к носику части трубки. После того, как воздух накачан в бутылку, подсоединим к ней шприц объемом 1 мл и откроем зажим. Воздух внутри шприца и в бутылке будет находиться при одинаковом давлении. Будем нажимать на весы поршнем шприца так, чтобы он двигался вверх относительно корпуса шприца с очень малой скоростью (Рис. 1).

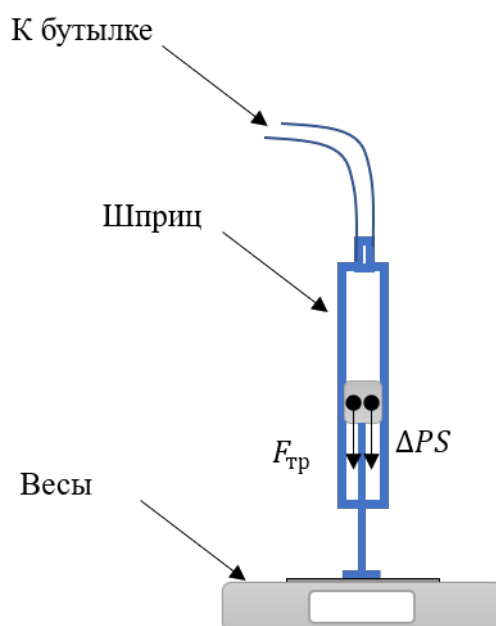


Рис. 1. Измерение давления внутри бутылки.

При движении поршня на него будет действовать две силы. Первая из них – сила трения о стенки корпуса шприца. Она будет направлена вниз, так как поршень движется вверх относительно корпуса шприца. Вторая – разность сил давления воздуха с двух сторон от поршня. Она также будет направлена вертикально вниз, так как давление внутри бутылки больше атмосферного. Показания весов по мере движения поршня по корпусу будут меняться, так как сила трения непостоянна в разных точках корпуса шприца. Измерим показания весов $m_1 = (180 \pm 5)$ г при прохождении поршнем некоторой отметки на корпусе шприца. Отсоединим шприц от бутылки, предварительно перекрыв трубку, и проведем аналогичные измерения. В этом случае на поршень будет действовать только сила трения. Записывать показания весов $m_2 = (70 \pm 5)$ г будем при прохождении поршнем прежней метки. Весы показывают значение силы, действующей на платформу в перпендикулярном направлении, деленное на ускорение свободного падения g . Таким образом,

для связи измеренных величин с дополнительным давлением ΔP в бутылке имеем:

$$\Delta P S = (m_1 - m_2)g, \quad (1)$$

где S - внутренняя площадь сечения шприца. Для ее определения измерим длину шкалы $h = (5.80 \pm 0.05)$ см шприца, соответствующую внутреннему объему в $V = (1.000 \pm 0.005)$ мл. Отсюда, площадь шприца составляет:

$$S = \frac{V}{h} = (0.172 \pm 0.002) \text{ см}^2. \quad (2)$$

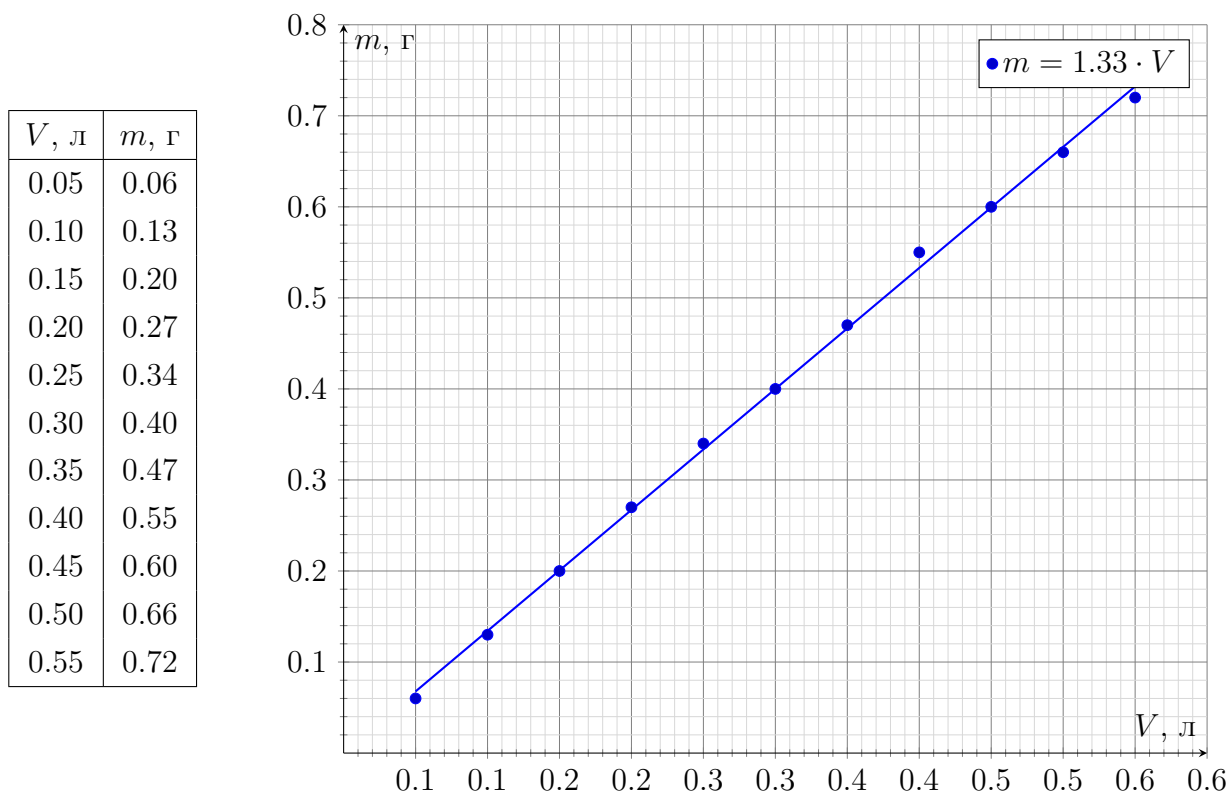
Тогда для дополнительного давления в бутылке получаем:

$$\Delta P = \frac{(m_1 - m_2)g}{S} = (64 \pm 6) \text{ кПа}. \quad (3)$$

Видно, что наибольший вклад в погрешность вносит разница показаний весов $(m_1 - m_2)$.

Для измерения плотности воздуха при атмосферном давлении будем помещать воздух из шприца в бутылку. Тогда масса воздуха в бутылке будет увеличиваться, а сила Архимеда будет оставаться прежней из-за постоянства объема бутылки. Таким образом изменение массы бутылки будет связано лишь с массой помещенного в нее дополнительно воздуха. Измерим зависимость изменения массы массы бутылки от объема закаченного в нее воздуха при атмосферном давлении.

График зависимости m от V



Видно, что измеренная зависимость хорошо описывается прямой пропорциональностью. Ее угловой коэффициент является плотностью воздуха при атмосферном давлении.

$$\rho = (1.33 \pm 0.02) \text{ кг/м}^3.$$