

9 класс

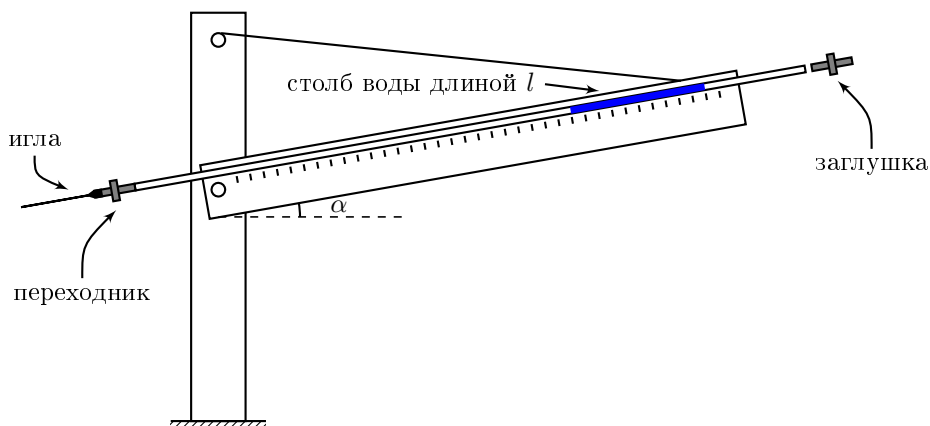
Задача №1. Вязкость воздуха

Для поддержания стационарного течения газа в трубе необходимо создавать постоянную разность давлений на её концах. При этом разность сил давления компенсирует силы внутреннего трения между слоями газа. Характеристикой этих сил трения является коэффициент вязкости η . При ламинарном течении газа (без завихрений) объёмный расход Q — объём, протекающий через поперечное сечение цилиндрической трубы в единицу времени — определяется формулой Пуазейля:

$$Q = \frac{\pi r^4 \Delta P}{8L\eta},$$

где r — внутренний радиус трубы, L — её длина, ΔP — разность давлений на концах трубы.

В данной работе требуется определить коэффициент вязкости воздуха при комнатной температуре с помощью установки, схематически изображенной на рисунке.



В качестве трубы используется игла шприца, которая соединена через переходник с трубкой ПВХ, закреплённой в пазе длинной деревянной рейки. При движении столбика воды длиной l вдоль наклонённой под углом α трубки между его концами возникает разность давлений ΔP . В стационарном режиме движение происходит с постоянной скоростью v . Составляющая силы тяжести вдоль трубки уравнивается разностью сил давления воздуха и некоторой силой F_0 :

$$mg \sin \alpha = \Delta P S + F_0,$$

где S — площадь поперечного сечения трубки ПВХ, m — масса воды.

1. Определите площадь S поперечного сечения трубки ПВХ.
2. Снимите экспериментальную зависимость скорости движения столбика воды v от $\sin \alpha$ для двух его длин:

$$45 \text{ мм} \leq l \leq 55 \text{ мм}, \quad 75 \text{ мм} \leq l \leq 85 \text{ мм}.$$

Для каждого значения угла наклона выполните не менее трёх измерений времени движения столбика и определите среднюю скорость. Получите не менее 5 точек зависимости $v(\sin \alpha)$ для каждой длины l .

3. Постройте графики зависимостей $v(\sin \alpha)$ в одних координатных осях.
4. Используя предложенную модель, получите теоретическую зависимость скорости v от $\sin \alpha, r, L, \rho, S, l, \eta, F_0, g$.
5. По результатам эксперимента определите коэффициент вязкости воздуха η .

6. Оцените величину силы F_0 .

В работе используйте следующие предположения и константы:

- для малых перепадов давления плотность воздуха считайте постоянной;
- течение воздуха в игле ламинарное;
- столбик воды считайте цилиндрическим;
- силу F_0 считайте постоянной и не зависящей от угла наклона;
- радиус трубки ПВХ значительно больше радиуса иглы;
- внутренний радиус и длина иглы шприца $r = 0,17$ мм и $L = 35$ мм соответственно;
- плотность воды $\rho = 1000$ кг/м³;
- ускорение свободного падения $g = 9,8$ м/с².

Примечание

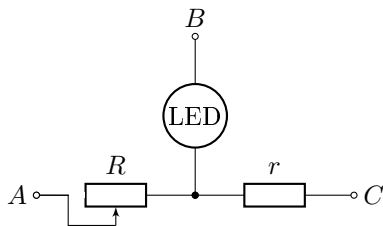
1. Будьте внимательны при работе с иглами шприца. Игла, используемая в качестве трубы, должна быть без защитного футляра. Иглу шприца, предназначенного для заполнения трубки водой, после использования необходимо закрывать футляром.
2. Следите, чтобы столбик воды не выходил за пределы участка трубки ПВХ, закреплённого на рейке.
3. Для удаления оставшихся капель воды продувайте трубку со стороны её длинного (левого) конца. Перед этим снимите иглу с переходника и продезинфицируйте конец трубки. При продувке влажным воздухом из лёгких внутреннего поверхность трубки может запотевать, что изменяет параметры течения жидкости. Для высушивания трубки втягивайте сухой воздух через трубку из комнаты в лёгкие.
4. Для остановки движения столбика воды вставляйте заглушку в короткий (правый) конец трубки.
5. Запрещается делать пометки на линейках.

Оборудование: установка в сборе; трубочина; игла; заглушка (помеченная красным); шприц объёмом 2 мл с иглой; стакан с водой; секундомер; линейка; дезинфицирующая салфетка; салфетки для поддержания чистоты; масштабно-координатная бумага для построения графиков.

Оценивать погрешность в этой задаче не требуется.

Задача №2. Три в одном

Внутри серого ящика находятся три элемента: светодиод (LED), переменный резистор R и постоянный резистор r , соединённые по схеме, показанной на рисунке. Сопротивление переменного резистора может изменяться в пределах от $R_{\min}$ до $R_{\max}$. Ручка регулировки R и светодиод выведены наружу серого ящика.



1. Установите соответствие между выводами 1, 2, 3 на ящике и выводами A, B, C на схеме.

2. Определите полярность включения светодиода.

3. Найдите значения сопротивлений r , $R_{\min}$ и $R_{\max}$.

4. Измерьте вольт-амперную характеристику светодиода в прямом направлении.

5. Постройте график полученной вами вольт-амперной характеристики. Оценка погрешностей при выполнении этого пункта не требуется.

Оборудование: серый ящик; отвёртка для регулировки сопротивления переменного резистора; макетная плата; соединительные провода; мультиметр (в режиме вольтметра и омметра) с щупами; держатель для батареек; две батарейки типа ААА; масштабно-координатная бумага для построения графика.

- Комплект для измерений не разбирать!
- Во избежание разряда батарейки не держите цепь замкнутой, когда не производите измерений!
- Режимом амперметра пользоваться запрещено!
- Для мультиметра примите погрешность прямого измерения равной 3 единицам последнего разряда, но не менее 1 процента от измеряемой величины.