

11-Е1. Капилляр

При ламинарном (без завихрений) течении жидкости по трубке скорость движения изменяется от нуля у стенки трубки до максимального значения на ее оси (параболический профиль скоростей). Так как соседние слои жидкости движутся с различными скоростями, между ними возникает сила трения, значение которой характеризуется физической величиной η , называемой коэффициентом вязкости. Согласно формуле Пуазейля, объем жидкости Q , протекающий по трубке в единицу времени (расход), связан с коэффициентом вязкости соотношением

$$Q = \frac{\Delta p \pi r^4}{8 \eta l},$$

где Δp – разность давлений на концах трубки, r – радиус трубки, l – длина трубки. При этом формула Пуазейля применима, только если длина трубки удовлетворяет соотношению $l \gg l_0 \sim \frac{1}{\eta} \sqrt{\rho \sigma r^3}$, иначе параболический профиль скоростей не успеет установиться. Здесь ρ – плотность жидкости, σ – коэффициент поверхностного натяжения.

Вам предлагается определить вязкость выданной Вам неизвестной жидкости.

Оборудование: шприц с неизвестной жидкостью вместимостью 5 мл, шприц с подкрашенной водой вместимостью 10 мл, капилляры диаметром 0,3 мм (10 штук), линейка, секундомер, пластина из оргстекла.

Примечание: Выданные Вам салфетки предназначены для поддержания рабочего места сухим и чистым и не входят в состав оборудования. Миллиметровая бумага может использоваться только для построения графиков и также не входит в состав оборудования. Пластина из оргстекла предлагается в качестве рабочей поверхности для проведения экспериментов. Спички нужны только как заглушки для шприцев и также не входят в состав оборудования.

Задание

1 Определите краевой угол смачивания θ внутренней поверхности капилляра водой. Коэффициент поверхностного натяжения воды принять равным: $\sigma_{\text{в}} = 0.073 \text{ Н/м}$, плотность воды $\rho_{\text{в}} = 1000 \text{ кг/м}^3$, ускорение свободного падения $g = 9.8 \text{ м/с}^2$.

Примечание: краевой угол смачивания – угол, который образуется между касательной к поверхности

жидкости в точке ее контакта с твердой поверхностью (рис. 1).

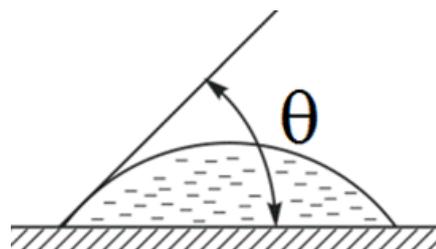


Рис. 1

- 2 Определите коэффициент поверхностного натяжения неизвестной жидкости, считая, что для нее краевой угол смачивания совпадает с краевым углом смачивания воды. Плотность неизвестной жидкости равна $\rho_{\text{ж}} = 1200 \text{ кг/м}^3$.
- 3 Предложите способ экспериментального определения коэффициента вязкости неизвестной жидкости. Приведите его теоретическое обоснование с выводом необходимых формул. Подробно опишите схему проведения эксперимента.
- 4 Определите коэффициент вязкости неизвестной жидкости.
- 5 С помощью рассчитанного значения коэффициента вязкости оцените характерную длину установления параболического профиля скоростей l_0 .

Примечания

- Замена капилляров и жидкости не предусмотрена, поэтому тщательно планируйте свои действия. Если при выполнении отдельного измерения у Вас осталась неиспользованной значительная часть капилляра, Вы можете аккуратно отломить ее и использовать еще раз. Часть капилляра, в которой побывала жидкость, повторно использовать нельзя из-за изменения свойств поверхности при смачивании.
- При длительном нахождении исследуемой жидкости на открытом воздухе некоторые легколетучие компоненты в ее составе могут частично испаряться, что существенно повлияет на качество результатов.

11-Е2. Электрический серый ящик

Вам выдан «серый ящик», электрическая схема которого частично известна (рис. 1). Сопротивление резистора $R = (1,00 \pm 0,05) \text{ Ом}$. Цвета выводов «серого ящика» соответствуют подписям на схеме. На местах пяти кружочков располагаются пять элементов: две одинаковые (в пределах погрешности производства) лампочки накаливания, два одинаковых резистора сопротивлением $r = (52 \pm 1) \text{ Ом}$ каждый и светодиод. На месте каждого кружочка располагается ровно один элемент. Лампочки и светодиод выведены наружу, и вы можете видеть, когда и как ярко они светятся.

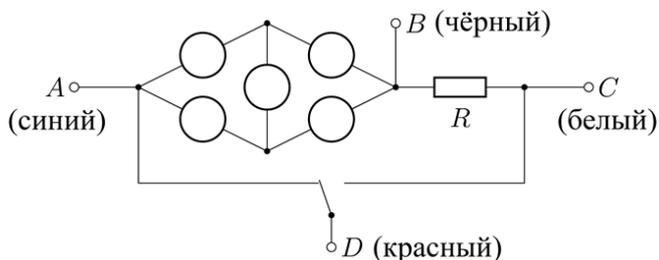


Рис. 1

С помощью предложенного оборудования:

- 1 Исследуйте зависимость $I(U)$ (вольтамперную характеристику (ВАХ)) участка АВ (не менее 12 точек в прямом и 12 точек в обратном направлении). Нарисуйте схему измерений. Постройте график $I(U)$.
- 2 Определите схему расположения элементов в сером ящике. Нарисуйте схему с указанием цвета проводов, положения элементов и направления включения диода. Аргументируйте предложенный вариант.
- 3 Определите мощность лампочки накаливания при напряжении на ней 3,0 В.
- 4 Определите вольтамперную характеристику лампочки. Опишите метод определения ВАХ лампочки, постройте график.

Погрешность оценивать не нужно!

Очень важно!

- В начале работы обязательно укажите номера выданных вам серого ящика и источника тока.
- Мультиметр можно использовать только в режимах вольтметра или омметра.
- Регулируемый источник разрешается подключать только к белому и синему выводам.
- В случае порчи источника или серого ящика из-за короткого замыкания оборудование не заменяется.
- Извлекать батарейки из держателя запрещается. Новые батарейки выдаваться не будут.
- Регулируемый источник работает в штатном режиме только при его подключении к выводам А (синий) и С (белый). Вы не сможете убедиться в его работоспособности, отключив его от схемы и подключив к нему напрямую вольтметр.
- Вы можете использовать для подключения источника только его красный и черный провода. Любые другие способы подключения к источнику или его элементам категорически запрещаются.

Оборудование: «серый ящик», регулируемый источник тока, мультиметр (можно использовать только как вольтметр или омметр), две колодки для соединения проводов, два кусочка черной пластиковой трубки. Миллиметровая бумага формата А4 может использоваться только для построения графиков.