

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 (пуазейлевский 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 пуазейлевский 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).

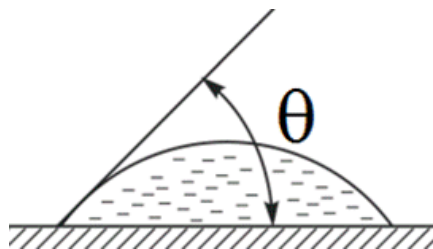


Рис. 1

- 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 пуазейлевского 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.