

Работа 2.17

Определение коэффициента вязкости жидкости по Пуазейлю

Оборудование: стеклянный сосуд, капилляр, секундомер, мензурка, штангенрейсмус.

Описание установки и метода. Коэффициент вязкости жидкости в данной работе определяется на установке, схема которой приведена на рис. 2.24. На штативе 1 закреплен сосуд 2 с краном 3. К сосуду присоединен капилляр 4, под которым находится мензурка 5. Для того чтобы измерять уровни жидкости в сосуде 2 и мензурке 5, используют штангенрейсмус 6.

Пуазейль установил, что объем V жидкости, который при ламинарном течении протекает через капилляр радиусом r и длиной l за время t , зависит от коэффициента вязкости жидкости η и разности давлений Δp на концах капилляра. Формула Пуазейля имеет вид:

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

откуда

$$\eta = \frac{\pi r^4 \Delta p t}{8 V l}. \quad (1)$$

Разность давлений на концах капилляра Δp находят следующим образом. Пусть в исходном состоянии уровень жидкости в сосуде 2 находится на высоте h_1 ,

а в мензурке 5 на высоте h_2 . Гидростатическое давление этих столбов жидкости будут равны соответственно: $p_1 = \rho g h_1$ и $p_2 = \rho g h_2$. Эти давления вдоль капилляра действуют в противоположных направлениях, поэтому разность давлений будет $\Delta p_1 = \rho g (h_1 - h_2) = \rho g \Delta h_1$, где Δh_1 — расстояние между уровнями жидкости в сосуде 2 и мензурке 5. Если открыть кран 3, то из сосуда 2 в мензурку 5 через капилляр 4 за время t перетечет жидкость объемом V . Уровень жидкости в сосуде 2 понизится и станет равным h'_1 ,

а в мензурке 5 повысится и будет h'_2 . Соответствующие гидростатические давления будут $p'_1 = \rho g h'_1$ и $p'_2 = \rho g h'_2$, а разность давлений в этом случае $\Delta p'_2 = \rho g (h'_1 - h'_2) = \rho g \Delta h_2$, где Δh_2 — расстояние между новыми уровнями в сосуде 2 и мензурке 5. Разность давлений при

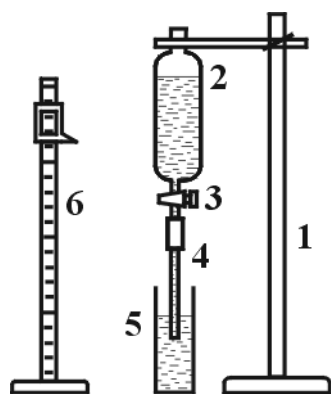


Рис. 2.24

протекании жидкости через капилляр будет уменьшаться. Поэтому найдем среднее значение разности давлений

$$\Delta p = \frac{\Delta p_1 + \Delta p_2}{2} = \rho g \frac{\Delta h_1 + \Delta h_2}{2}.$$

Подставив значение Δp в формулу (1), получим:

$$\eta = \frac{\pi r^4 \rho g (\Delta h_1 + \Delta h_2) t}{16 V l}. \quad (2)$$

Порядок выполнения работы

1. Закройте кран 3, наполните сосуд 2 и мензурку 5 исследуемой жидкостью, так, чтобы нижний конец капилляра оказался в жидкости.
2. С помощью штангенрейсмуса измерьте расстояние Δh_1 , между уровнями жидкости в сосуде 2 и мензурке 5. Запишите объем жидкости V_1 в мензурке 5.
3. Откройте кран 3 и одновременно включите секундомер. В то время как жидкость в мензурке 5 достигнет какого-то произвольного уровня, закройте кран 3, выключите секундомер и определите время вытекания жидкости.
4. Измерьте расстояние Δh_2 между уровнями жидкости в сосуде 2 и мензурке 5. Запишите объем жидкости V_2 в мензурке.
5. С помощью штангенрейсмуса измерьте длину капилляра l .
6. Зная V_1 и V_2 , определите объем жидкости V , который протек через капилляр.
7. По формуле (2) определите коэффициент вязкости исследуемой жидкости.
8. Проведите измерения (5 — 6 раз) для разного времени t , определите для каждого случая коэффициент вязкости η жидкости и найдите среднее значение коэффициента вязкости $\bar{\eta}$.
9. Определите погрешность результатов измерений.
10. Результаты измерений и вычислений запишите в таблицу:

№ п/п	$V_1, \text{м}^3$	$V_2, \text{м}^3$	$V, \text{м}^3$	$\Delta h_1, \text{м}$	$\Delta h_2, \text{м}$	$t, \text{с}$	$r, \text{м}$	$\rho, \text{кг/м}^3$	$\eta, \text{Па}\cdot\text{с}$	$\bar{\eta}, \text{Па}\cdot\text{с}$
-------	-------------------	-------------------	-----------------	------------------------	------------------------	---------------	---------------	-----------------------	--------------------------------	--------------------------------------

ЗАДАНИЕ ДЛЯ УИР

В некоторых методах для определения коэффициента вязкости исследуемой жидкости, используется эталонная жидкость, т. е. жидкость, коэффициент вязкости которой известен.

Используя оборудование, которое дано в работе, определите коэффициент вязкости исследуемой жидкости с помощью эталонной жидкости.

Получите формулу для подсчета коэффициента вязкости этим методом. При каких условиях формула для подсчета вязкости будет наиболее простая?



КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какова причина вязкости жидкостей?
2. Что называется коэффициентом динамической вязкости? Получите его размерность.
3. Запишите формулу Пуазейля и поясните ее.
4. Как определить коэффициент вязкости жидкости, пользуясь формулой Пуазейля?
5. Какие еще методы определения коэффициента вязкости жидкости вы знаете?
6. Для чего служит штангенрейсмус в данной работе?
7. Получите рабочую формулу для определения коэффициента вязкости жидкости.