

# Определение энергии активации по температурной зависимости вязкости жидкости

## 2.2.6

### Цель работы:

- о Измерение скорости падения шариков при разной температуре жидкости
- о Вычисление вязкости жидкости по закону Стокса и расчёт энергии активации

**В работе используются:** стеклянный цилиндр с исследуемой жидкостью (глицерин); термостат; секундомер; горизонтальный компаратор; микроскоп; мелкие шарики (диаметром около 1 мм)

### Теория

В жидкостях, как и в кристаллах, каждая молекула находится в потенциальной яме электрического поля, создаваемого окружающими молекулами. Молекулы колеблются со средней частотой, близкой к частоте колебаний атомов в кристаллических телах ( $\sim 10^{12}$  Гц), с амплитудой, определяемой размерами объёма, предоставленного ей соседними молекулами. Глубина потенциальной ямы в жидкостях больше средней кинетической энергии колеблющейся молекулы, поэтому молекулы колеблются вокруг более или менее стабильных положений равновесия. Однако у жидкостей различие между этими двумя энергиями невелико, так что молекулы нередко выскакивают из "своей" потенциальной ямы и занимают место в другой. Для перехода в новое состояние молекула должна получить некоторое количество энергии  $W$ , называемую *энергией мотивации*.

Температурная зависимость вязкости жидкости выражается формулой:

$$\eta \sim e^{W/kT}$$

Экспериментальные исследования показывают, что формула неплохо работает в небольших температурных интервалах.

Формула Стокса для ламинарного обтекания шарика безграничной жидкостью:

$$F = 6\pi\eta rv$$

Характер обтекания определяется числом Рейнольдса  $Re = vr\rho_{\text{ж}}/\eta$  (для ламинарного течения  $Re < 0.5$ )

Время релаксации скорости:

$$\tau = \frac{2}{9} \frac{r^2 \rho}{\eta}$$

Тогда  $\eta$ :

$$\eta = \frac{2}{9} gr^2 \frac{\rho - \rho_{\text{ж}}}{v_{\text{уст}}}$$

# Экспериментальная установка

Важные константы:

Диаметр сосуда:

Длина сосуда:

$s = (10.0 \pm 0.1)\text{см}$

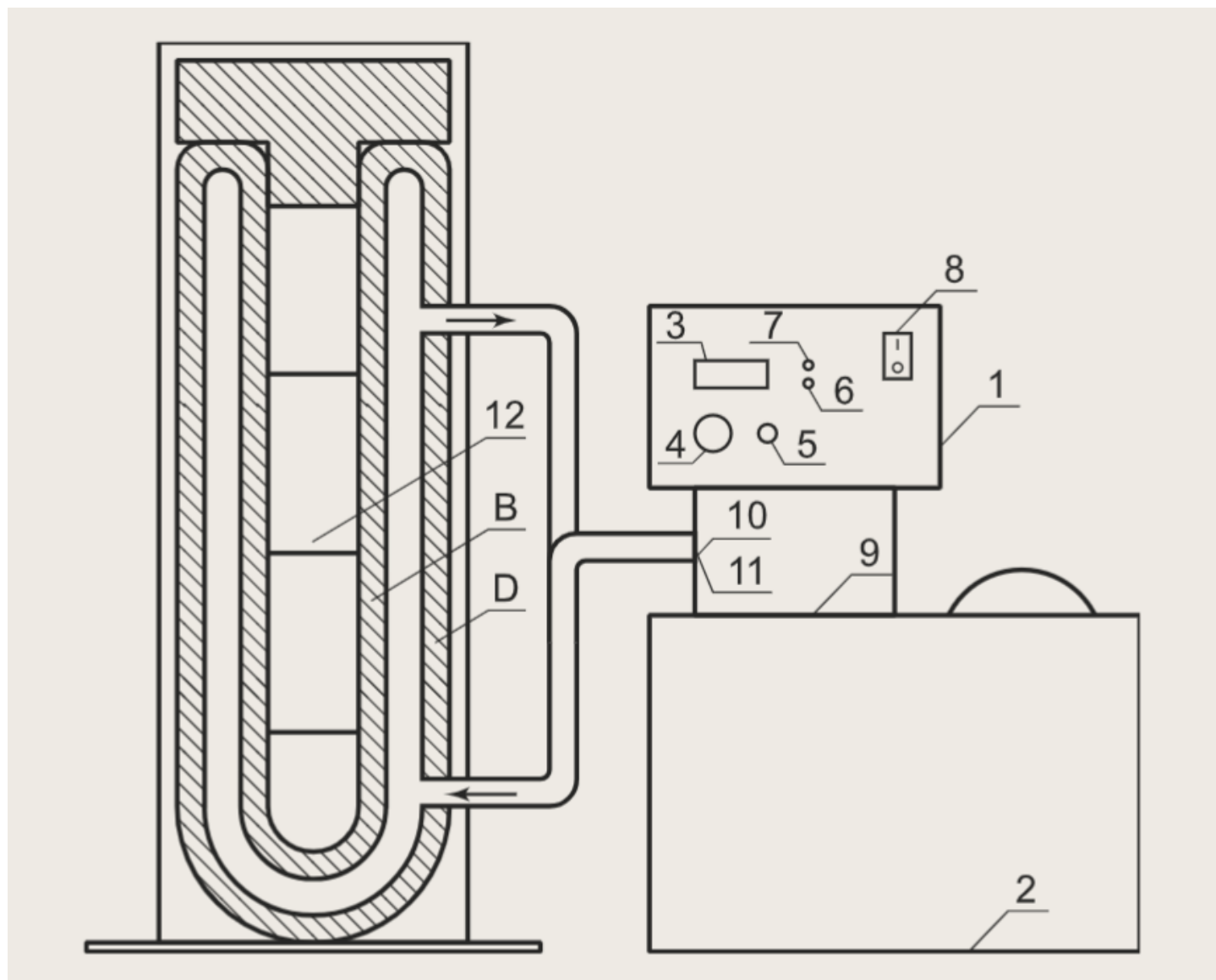


Рис. 1: Установка для определения коэффициента вязкости жидкости

Измеряем пройденное расстояние линейкой, а время – секундомером, находим  $v_{\text{уст}}$ . Радиус шарика измеряем горизонтальным компаратором/микроскопом (для каждого шарика измеряем несколько диаметров и берём среднее). Плотность шариков и жидкости – табличные значения.

Опыты проводятся при нескольких температурах в интервале от комнатной до 320 – 330 К.

Для каждой температуры проводим измерения с разными диаметрами шариков.

Построим график в координатах  $\ln(\eta)(T^{-1})$ .

Если во всем диапазоне встречающихся в работе скоростей и времён релаксации вычисленные по нашей формуле значения  $\eta$  оказываются одинаковыми, то формула Стокса правильно передаёт зависимость сил от радиуса шарика. Если всё-таки наблюдается корреляция  $\eta$  и  $r$ , то нужно использовать формулу:

$$\eta = \frac{2}{9}gr^2 \frac{\rho - \rho_{\text{ж}}}{v_{\text{уст}}} \cdot \frac{1}{1 + 2.4(r/R)}$$

где  $R$  – радиус сосуда.

## Ход работы

0. Отберём 24 шарика. Для каждого шарика измерим микроскопом диаметр в двух положениях и усредним.

1. Измерим зависимость скорости падения шарика от температуры жидкости. Скорость измеряем по формуле  $v_{\text{уст}} = s/t_{\text{падения}}$  Для каждой температуры будем проводить измерения по 4-5 раз, фиксируя при этом изменение температуры.
2. Для каждого из опытов вычислим число Рейнольдса, оценим время и путь релаксации, занесём всё в табличку.
3. График зависимости  $\ln\eta(T^{-1})$
4. Энергия активации:
5. ПОГРЕШНОСТЬ НЕ ЗАБЫТЬ БЛЯДЬ

## Вывод